# PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 4. 15. Februar 1907. 8. Jahrgang.

Redaktionsschluß für No. 5 am 18. Februar 1907.

INHALT.

**Originalmitteilungen:**

B. B. Boltwood, Über die letzten Zerfallsprodukte der radioaktiven Elemente. II. Die Zerfallsprodukte des Urans. S. 97.

B. Kučera, Zur Zerstreuung der α-Strahlen in Metallen. S. 103.

A. Schmidt, Über die Radioaktivität einiger Süßwasserquellen des Taunus. III. S. 107.

F. Henrich, Untersuchungen über die Thermalquellen von Wiesbaden und deren Radioaktivität. S. 112.

E. Bandl, Über das Verhalten dünner Aluminiumfolie in einem elektrostatischen Felde. S. 114.

G. Aeckerlein, Über eine Fundamentalfrage der Elektrooptik. S. 117.

A. Korn, Über neue Methoden der elektrischen Fernphotographie. S. 118.

J. Russner, Über die Licht- und Wärmeenergie von Glühlampen. S. 120.

F. Kaeser, Über das Mitschwingen eines tiefen Tones beim Anschlagen eines hohen, und mögliche Folgerungen, die sich daraus ergeben. S. 123.

H. J. Reiff, Eine neue und handliche Form des Kompressions-Vakuummeters. S. 125.

**Besprechungen:**

H. Pohl, Die Freileitungen. S. 125.

R. v. Koch, Über die Entwicklungsmöglichkeiten des Induktionsmotors für Einphasenwechselstrom. S. 125.

A. Prasch, Die Fortschritte auf dem Gebiete der drahtlosen Telegraphie. III. S. 126.

E. Morck, Theorie der Wechselstromzähler nach Ferrarisschem Prinzip. S. 126.

J. Rezelman, Die Vorgänge in Ein- und Mehrphasengeneratoren. S. 126.

J. Kunz, Über die Induktion der in Drehfeldern rotierenden Kugeln. S. 126.

W. Hallock u. H. T. Wade, Grundlinien der Entwickelung von Maß und Gewicht und das metrische System. S. 126.

Hartmann & Braun, Tabelle enthaltend die Werte der Funktion $\frac{a}{10000-a}$ für $a = 1$ bis $a = 10000$. S. 126.

Handbuch der Physik. III. Band. 2. Hälfte. Wärme. S. 127.

F. Neumann, Gesammelte Werke. II. S. 127.

J. W. Gibbs, Wissenschaftliche Abhandlungen. S. 127.

E. Rutherford, Die Radioaktivität. S. 127.

E. Rutherford, Radioaktive Umwandlungen. S. 127.

H. C. Jones, Über die elektrische Natur der Materie und der Radioaktivität. S. 128.

E. E. Fournier d'Albe, Die Elektronentheorie. S. 128.

P. Lenard, Über Kathodenstrahlen. S. 128.

P. Gruner, Tabellen für die Exponentialfunktion mit negativen Exponenten $y = e^{-x}$. S. 128.

**Berichtigungen.** S. 128.

**Personalien.** S. 128.

**Gesuche.** S. 128.

## ORIGINALMITTEILUNGEN.

### Über die letzten Zerfallsprodukte der radioaktiven Elemente.
### II. Die Zerfallsprodukte des Urans.

Von Bertram B. Boltwood.

In einer früheren Arbeit[1]) habe ich die allgemeine Frage nach der Natur der letzten Zerfallsprodukte der radioaktiven Elemente, auf welche das Vorkommen gewisser chemischer Elemente in den radioaktiven Mineralien hindeutet, erörtert. Ich habe dabei darauf hingewiesen, daß möglicherweise Blei, Wismut und Baryum zu diesen Zerfallsprodukten gehören könnten. Neuere Untersuchungen[2]) deuten indessen darauf hin, daß das Aktinium wahrscheinlich ein Zwischenprodukt zwischen Uran und Radium ist, und dadurch ist die Anzahl der etwaigen Endprodukte entsprechend reduziert worden. Außerdem sind sorgfältige Untersuchungen vorgenommen worden an besonders auserlesenen Proben von typischen primären Uraniniten aus Branchville, Conn., und Flat Rock, N. C., und von Thorianit von Ceylon. Diese Untersuchungen haben zu dem Schlusse geführt, daß weder Wismut noch Baryum als Zerfallsprodukte in der Hauptdeszendenzlinie von Uran oder Thor betrachtet werden können, wenigstens nicht auf Grund der heutigen Zerfallstheorie.

1) Sill. Journ. **20**, 253, 1905.
2) Sill. Journ. **22**, 537, 1906.

Als wesentliche Bedingungen für die Identifizierung der Endprodukte des Zerfalls von Uran auf Grund einer Untersuchung der natürlichen Mineralien, welche dieses Element enthalten, dürften die folgenden anzusehen sein: In unveränderten primären Mineralien einer und derselben Spezies und verschiedener Spezies, die von der gleichen Örtlichkeit herstammen, das heißt, in Mineralien, die zu derselben Zeit gebildet und daher gleich alt sind, muß zwischen der Menge eines jeden Zerfallsproduktes und der Menge der Vatersubstanz, mit der es vereinigt ist, ein konstantes Verhältnis bestehen. Und in unveränderten primären Mineralien aus verschiedenen Örtlichkeiten muß das Verhältnis jedes Zerfallsproduktes zur Vatersubstanz in den Mineralien größer sein, die älter sind, und muß der Reihenfolge der betreffenden geologischen Altersstufen der Örtlichkeiten entsprechen, an denen die Mineralien gefunden worden sind. Es folgt auch, daß in sekundären Mineralien, also in Mineralien, die durch spätere Veränderung der ursprünglichen, primären Mineralien gebildet worden sind, daß in solchen die Mengen der einzelnen Zerfallsprodukte kleiner sein müssen als in den primären Mineralien, die von der gleichen Örtlichkeit stammen, vorausgesetzt immerhin, daß die Zerfallsprodukte nicht als ursprüngliche chemische Bestandteile des sekundären Minerals betrachtet werden können.

Zweck dieser Arbeit ist zu zeigen, daß die vorstehenden Forderungen praktisch vom Blei

und auch vom Helium erfüllt werden, von letzterem Element, soweit seine gasförmige Natur sein Verbleiben in den Mineralien gestattet. Die Annahme, daß das Blei eines der letzten (inaktiven) Zerfallsprodukte des Urans sei, ist zuerst von dem Verfasser in einer Arbeit aufgestellt worden, die er der New Yorker Abteilung der American Chemical Society am 10. Februar 1905 vorgelegt hat, und die dann später im Philosophical Magazine veröffentlicht worden ist.[1])

Ich habe aus den veröffentlichten Analysen einer beträchtlichen Anzahl primärer Uranmineralien die Mengen von Uran und Blei berechnet, die in diesen Mineralien enthalten ist. Die Zahl derartiger Analysen, die in der Literatur zu finden ist, ist nicht groß, und, was noch ungünstiger ist, mit Ausnahme der von Hillebrand und einigen wenigen anderen Forschern ausgeführten, können diese Analysen nicht als sonderlich genau angesehen werden. Viele dieser Analysen sind mit Rücksicht auf besondere Zwecke ausgeführt worden, beispielsweise zu dem Zwecke, eine gegebene Probe mit einer bereits bekannten Spezies zu identifizieren, oder sie als eine neue Abart zu erkennen. Ferner besteht auf seiten vieler Mineralogen das vielleicht recht unglückselige Bestreben, eine Analyse nur zu dem Zwecke auszuführen, dem Mineral eine bestimmte chemische Formel zuzuteilen, ein Bestreben, welches oftmals dazu führt, eine Anzahl der geringeren Bestandteile zu übersehen oder zu vernachlässigen. Zu allen diesen Übelständen kommen dann noch die tatsächlichen analytischen Schwierigkeiten, wo es sich um Mineralien handelt, wie Samarskit, Fergusonit, Euxenit und andere Mineralien, die Niobium, Tantal und Titan in merklichen Mengen enthalten. Trotz all dieser Nachteile muß man sich jedoch notgedrungen sehr auf diese veröffentlichten Analysen verlassen, aus dem einfachen Grunde, weil die größere Zahl der Uranmineralien überaus selten ist, und es entweder äußerst schwierig oder gar überhaupt unmöglich ist, geeignete Proben der verschiedenen Arten und Abarten zu erhalten.

In der nachstehenden Tabelle (Tabelle I) sind die Ergebnisse zusammengestellt, welche ich aus den Analysen für das Verhältnis zwischen dem Prozentgehalt an Blei zu dem Prozentgehalt an Uran für die verschiedenen Mineralien berechnet habe.

In der nachstehenden Tabelle können die Mineralien nach ihren Ursprungsarten in sieben allgemeine Gruppen geteilt werden, nämlich: erste Gruppe aus Connecticut (No. 1 bis 9), zweite Gruppe aus Nord- und Süd-Carolina (No. 10 bis 13), dritte Gruppe aus Texas (No. 14 bis 17), vierte Gruppe aus Colorado (No. 18 bis 20), fünfte Gruppe aus Norwegen (No. 21 bis 35), sechste Gruppe aus Schweden (No. 36 und 37), siebente Gruppe aus Ceylon (No. 38 bis 43). Diese Gruppen lassen sich weiter unterteilen in Gruppe $I_1$ von Glastonbury und Gruppe $I_2$ von Branchville, Gruppe $V_1$ von Örtlichkeiten in der Umgegend von Moss (No. 21 bis 29) und Gruppe $V_2$ von Arendal, in Gruppe $VII_1$ aus der Sabaragamuwa Province und Gruppe $VII_2$ aus dem Distrikt von Galle.

Betrachten wir nun das Verhältnis zwischen Blei und Uran in diesen Gruppen, so ist ersichtlich, daß sein Durchschnittswert in Gruppe $I_1$ 0,041 beträgt, und daß die größte Abweichung hiervon sich auf weniger als fünf Prozent beläuft. In Gruppe $I_2$ ist das Mittel 0,0535 in enger Übereinstimmung mit den angegebenen vier Einzelwerten. In Gruppe II ist die Übereinstimmung zwischen den verschiedenen Werten nicht so gut, sie ist aber dennoch höchst überraschend, wenn man den Umstand berücksichtigt, daß die beiden aus Nord-Carolina stammenden Proben, welche Hillebrand untersucht hat, unzweideutige Anzeichen einer geringen sekundären Veränderung aufwiesen, was auch bei der aus Süd-Carolina stammenden Probe der Fall war, die noch überdies aus einer anderen Gegend stammt und nur deshalb in diese Gruppe eingeordnet worden ist, weil eben keine anderen Proben vorlagen, mit denen sie hätte verglichen werden können. Das Material, welches ich benutzt habe, war allem Anscheine nach frei von einer Veränderung.

In Gruppe III wird Gelegenheit geboten, verschiedene aus der gleichen Gegend stammende Arten zu vergleichen; der von Hidden und Warren beschriebene Yttrocrasit wurde nämlich gleich auf dem anderen Ufer des Coloradoflusses gefunden, gerade gegenüber dem berühmten Fundort Barringer Hill, welchem die übrigen Proben aus Texas entstammen. Hier ist die Übereinstimmung zwischen den Werten für das Verhältnis des Bleies zum Uran wieder sehr befriedigend, besonders beim Yttrocrasit, welches eines der Mineralien ist, deren sorgfältige Analyse so mancherlei schwierige Aufgaben stellt. Ich hatte das Glück, mit Professor Warren zu der Zeit zusammen zu kommen, da diese Analyse im Gange war, und Professor Warren erklärte sich in liebenswürdiger Weise bereit, besondere Sorgfalt auf die Bestimmung von Blei und Uran zu verwenden.

In Gruppe IV liefern die Analysen dreier Proben eines dem Samarskit sehr ähnlichen Minerals für das in Rede stehende Verhältnis Werte, die miteinander in guter Überein-

1) Phil. Mag. April 1905.

Tabelle I.

| No. | Mineral | Ursprungsort | Prozentgehalt $U$ | Prozentgehalt $Pb$ | Verhältnis $Pb/U$ | Analyse von: |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Uraninit | Glastonbury, Conn. | 70 | 2,9 | 0,041 | Hillebrand, Sill. Journ. **40**, 384, 1890. |
| 2 | Uraninit | Glastonbury, Conn. | 70 | 3,0 | 0,043 | Hillebrand, a. a. O. |
| 3 | Uraninit | Glastonbury, Conn. | 70 | 2,8 | 0,040 | Hillebrand, a. a. O. |
| 4 | Uraninit | Glastonbury, Conn. | 72 | 3,0 | 0,042 | Hillebrand, a. a. O. |
| 5 | Uraninit | Glastonbury, Conn. | 72 | 2,9 | 0,040 | Hillebrand, a. a. O. |
| 6 | Uraninit | Branchville, Conn. | 74 | 4,0 | 0,054 | Hillebrand, a. a. O. |
| 7 | Uraninit | Branchville, Conn. | 75 | 4,0 | 0,053 | Hillebrand, a. a. O. |
| 8 | Uraninit | Branchville, Conn. | 74 | 4,0 | 0,054 | Hillebrand, a. a. O. |
| 9 | Uraninit | Branchville, Conn. | 66 | 3,5 | 0,053 | Nach einer vom Verf. selbst ausgeführten Analyse. |
| 10 | Uraninit | Spruce Pine, N. C. | 77 | 3,9 | 0,051 | Hillebrand, a. a. O. |
| 11 | Uraninit | Spruce Pine, N. C. | 77 | 4,2 | 0,055 | Hillebrand, a. a. O. |
| 12 | Uraninit | Spruce Pine, N. C. | 67 | 3,3 | 0,049 | Nach einer vom Verf. selbst ausgeführten Analyse. |
| 13 | Uraninit | Marietta, S. C. | 71 | 3,3 | 0,046 | Hillebrand, Sill. Journ. **42**, 390, 1891. |
| 14 | Uraninit | Llano Co., Tex. | 55 | 9,4 | 0,17 | Hillebrand, a. a. O. |
| 15 | Uraninit | Llano Co., Tex. | 55 | 9,5 | 0,17 | Hidden and Mackintosh, Sill. Journ. **38**, 481, 1889. |
| 16 | Mackintoshit | Llano Co., Tex. | 19 | 3,4 | 0,18 | Hillebrand, Sill. Journ. **46**, 98, 1893. |
| 17 | Yttrocrasit | Eurnet Co., Tex. | 2,3 | 0,44 | 0,19 | Hidden and Warren, Sill. Journ. **22**, 515, 1906. |
| 18 | Samarskit (?) | Douglas Co., Colo. | 3,5 | 0,67 | 0,19 | Hillebrand, Proc. Col. Sc. Soc. **3**, 38, 1888. |
| 19 | Samarskit (?) | Douglas Co., Colo. | 3,7 | 0,74 | 0,20 | Hillebrand, a. a. O. |
| 20 | Samarskit (?) | Douglas Co., Colo. | 5,1 | 0,99 | 0,19 | Hillebrand, a. a. O. |
| 21 | Uraninit | Anneröd, Norwegen. | 66 | 8,4 | 0,13 | Hillebrand, Sill. Journ. **40**, 384, 1890. |
| 22 | Uraninit | Anneröd, Norwegen. | 68 | 7,8 | 0,12 | Blomstrand, Journ. prakt. Chem. **29**, 191, 1884. |
| 23 | Annerödit | Anneröd, Norwegen. | 15 | 2,2 | 0,14 | Blomstrand, Dana's System of Min., p. 741. |
| 24 | Uraninit | Elvestad, Norwegen. | 66 | 9,3 | 0,14 | Hillebrand, Sill. Journ. **40**, 384, 1890. |
| 25 | Uraninit | Elvestad, Norwegen. | 57 | 8,0 | 0,14 | Hillebrand, a. a. O. |
| 26 | Uraninit | Skaartorp, Norwegen. | 65 | 8,8 | 0,13 | Hillebrand, a. a. O. |
| 27 | Uraninit | Huggenäskilen, Norwegen. | 68 | 8,8 | 0,13 | Hillebrand, a. a. O. |
| 28 | Uraninit | Huggenäskilen, Norwegen. | 76 | 9,0 | 0,12 | Lorenzen, Nyt. Mag. **28**, 249, 1884. |
| 29 | Thorit | Hitterö, Norwegen. | 8,2 | 1,2 | 0,14 | Lindström, G. För. Förh. **5**, 500, 1881. |
| 30 | Uraninit | Arendal, Norwegen. | 56 | 9,8 | 0,17 | Hillebrand, a. a. O. |
| 31 | Uraninit | Arendal, Norwegen. | 61 | 10,2 | 0,17 | Hillebrand, a. a. O. |
| 32 | Uraninit | Arendal, Norwegen. | 56 | 9,4 | 0,17 | Lindström, Zeitschr. f. Kryst. **3**, 201, 1876. |
| 33 | Thorit | Arendal, Norwegen. | 9,0 | 1,5 | 0.17 | Nordenskiöld, G. För. Förh. **3**, 228, 1876. |
| 34 | Orangit | Landbö, Norwegen. | 7,5 | 1,2 | 0,16 | Hidden, Sill. Journ. **41**, 440, 1891. |
| 35 | Xenomit | Narestö, Norwegen. | 2,9 | 0,62 | 0,21 | Blomstrand, G. För. Förh. **9**, 185, 1887. |
| 36 | Hjelmit | Falun, Schweden. | 1,9 | 0,20 | 0,10 | Weibull, G. För. Förh. **9**, 371, 1887. |
| 37 | Polycras | Slättakra, Schweden. | 7,4 | 0,85 | 0,12 | Blomstrand, Dana's System of Min., p. 745. |
| 38 | Thorianit | Sabaragamuwa Province, Ceylon. | 9,8 | 2,1 | 0,21 | Dunstan and Blake, Proc. Roy. Soc. London, **76** (A), 253, 1905. |
| 39 | Thorianit | Sabaragamuwa Province, Ceylon. | 10,8 | 2,7 | 0,25 | Dunstan and Blake, a. a. O. |
| 40 | Thorianit | Sabaragamuwa Province, Ceylon. | 12,8 | 2,4 | 0,19 | Dunstan and Blake, a. a. O. |
| 41 | Thorianit | Sabaragamuwa Province, Ceylon. | 11,2 | 2,7 | 0,24 | Nach einer vom Verf. selbst ausgeführten Analyse. |
| 42 | Thorianit | Ceylon. | 11,1 | 2,3 | 0,21 | Büchner, Nature **75**, 169, 1906. |
| 43 | Thorianit | Galle Distrikt, Ceylon. | 25 | 2,1 | 0,086 | Dunstan and Jones, Proc. Roy. Soc. London, **77** (A), 546, 1906. |

stimmung stehen, obgleich die verschiedenen Proben nach den Angaben von Hillebrand in ihrem allgemeinen Aussehen ganz verschieden waren.

In Gruppe $V_1$ ist die Übereinstimmung gleichfalls eine sehr gute, während in Gruppe $V_2$, die die No. 34 und 35 umfaßt, die Übereinstimmung eine ganz ausgezeichnete ist; die Abweichung beim Xenomit von Narestö in der Umgegend von Arendal ist nämlich nicht größer, als zu erwarten ist, wenn man in Betracht zieht, in wie verhältnismäßig geringen Mengen sowohl Uran als Blei in diesem Mineral vertreten sind.

Die beiden in Gruppe VI für die beiden Arten aus verschiedenen Gegenden Schwedens mitgeteilten Verhältniszahlen sind für den Zweck unserer vorliegenden vergleichenden Untersuchung nur von geringem Wert; sie haben nur insofern Bedeutung, als sie darauf hinweisen, daß hier das Verhältnis von derselben allgemeinen Größenordnung ist wie das in der Gruppe $V_1$ gefundene.

Für den Zweck unserer vorliegenden Berechnung trifft es sich ungünstig, daß die von Dunstan und Blake, sowie die von Dunstan und Jones ausgeführten Analysen des Thorianits von Ceylon in solch unvollständiger Ge-

stalt veröffentlicht worden sind. Dieses interessante Mineral besitzt nämlich einen verhältnismäßig hohen Gehalt an Thor wie an Helium und liefert infolgedessen ein ungewöhnlich brauchbares Material für das Studium radioaktiver Umwandlungen; eine genaue Kenntnis seiner allgemeinen Zusammensetzung würde daher für die Entscheidung einiger zweifelhafter Fragen große Dienste leisten. Die veröffentlichten Analysen versagen indessen in folgenden Punkten: In den Analysen No. I und II [1]) (No. 38 und 39 unserer Tabelle I) deuten die mitgeteilten Resultate darauf hin, daß das gesamte Uran in Gestalt von Uranoxyd ($UO_2$) vorkommt, wohingegen in der Analyse No. III ebendaselbst (No. 40 unserer Tabelle I) ein größerer Prozentsatz Uranyloxyd ($UO_3$) als Uranoxyd angegeben wird. Eine so außerordentliche Verschiedenheit in der Zusammensetzung ist nicht nur höchst unwahrscheinlich, sondern sie führt auch (im Lichte einer neueren Analyse von Thorianit einer ähnlichen Spielart [2]), welche das Uran als $UO_2 + UO_3 = 13{,}4$ v. H. ergibt) zu ganz falschen Vorstellungen über die tatsächliche Zusammensetzung. Von den sieben Analysen, die in der Arbeit von Dunstan und Jones mitgeteilt werden, sind nur in einer einzigen (No. 43 unserer Tabelle I) die Mengen von Uranoxyd und Uranyloxyd getrennt angegeben, während bei den übrigen sechs eine Zahl verzeichnet ist, welche die Summe der prozentualen Beträge beider Oxyde darstellt und keinen zuverlässigen Aufschluß gibt, weder über die Menge jedes der beiden Oxyde, noch über die Menge des Urans selbst, die in dem Mineral enthalten ist.

Die folgende Tabelle II enthält die in der Arbeit von Dunstan und Jones mitgeteilten Werte. Sie scheint keineswegs in Widerspruch mit der Annahme zu stehen, daß in dem Thorianit aus dem Distrikt von Galle Blei und Uran in einem konstanten Mengenverhältnis zueinander stehen.

In der Arbeit von Dunstan und Jones ist eine Analyse einer Probe von Thorianit aus dem Distrikt von Balangoda enthalten. Sie gibt an:

$$UO_2 + UO_3 = 13{,}4 \text{ v. H.}$$
und $$PbO = 2{,}54 \text{ v. H.}$$

1) Proc. Roy. Soc. London **76** (A), 253, 1905.
2) Dunstan und Jones, a. a. O.

Tabelle II.

| Probe No. | $UO_2 + UO_3$ | $PbO$ |
|---|---|---|
| I | 32,7 | 2,56 |
| II | 10,3 18,9 | 2,29 |
| III | 28,2 | 2,29 |
| IV | 28,7 | 2,50 |
| V | 27,0 | 2,99 |
| VI | 28,0 | 2,90 |

Das deutet auf eine enge Übereinstimmung zwischen dem Mengenverhältnis des Bleies zum Uran in diesem Mineral und dem entsprechenden Verhältnis in dem Material aus der Provinz Sabaragamuwa.

Die in obiger Tabelle I aufgeführten Mineralien sind sämtlich primär in dem allgemein gebräuchlichen Sinne dieses Wortes. In der folgenden Tabelle III ist das Mengenverhältnis zwischen Blei und Uran für einige denselben Fundorten entstammende sekundäre Mineralien berechnet worden.

Alle diese Analysen ergeben übereinstimmend ein kleineres Verhältnis für die sekundären Mineralien als für die primären Mineralien aus denselben Ursprungsorten. Das gewöhnlichste Veränderungsprodukt des Uraninits, das unter dem Namen Gummit bekannt ist, kann für unseren gegenwärtigen Zweck außer Betracht bleiben, weil das Blei anscheinend einer seiner natürlichen, chemischen Bestandteile ist.

Der tatsächliche Wert des Verhältnisses schwankt für die primären Mineralien aus verschiedenen Ursprungsorten beträchtlich, dergestalt, daß sein Höchstwert ungefähr sechsmal so groß ist wie sein Mindestwert. Eine Diskussion der Daten, welche sich auf das geologische Alter der verschiedenen Ablagerungen beziehen, liegt außerhalb meiner Domäne. Indessen verdanke ich Herrn Professor Joseph Barrell an der Yale University die Mitteilung, daß, wenigstens soweit seine Kenntnis reicht, die verschiedenen Werte für das Mengenverhältnis nicht im Widerspruch stehen mit der Altersfolge, wie sie seitens der Geologen den verschiedenen Formationen zugeschrieben wird, in denen die entsprechenden Mineralien vorkommen.

Aus den in den obigen Tabellen mitgeteilten Daten wird ersichtlich, daß die an ein Zerfallsprodukt des Urans zu stellenden Folgerungen seitens des Bleies innerhalb der wahrschein-

Tabelle III.

| No. | Mineral | Ursprungsort | Prozentgehalt $U$ | Prozentgehalt $Pb$ | Verhältnis $Pb/U$ | Analyse von |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Uranophan | Mitchell Co., N. C | 55 | 0,56 | 0,01 | Genth, Am. Chem. Journ. 1. 88, 1879. |
| 2 | Uranophan | Arendal, Norwegen. | 40 | 1,6 | 0,04 | Nordenskiöld, G. För. Förh. 7, 121, 1884. |
| 3 | Thorogummit | Llano Co., Tex. | 19 | 2,0 | 0,10 | Hidden and Mackintosh, Sill. Journ. **38**, 480, 1889. |

lichen Versuchsfehlergrenzen erfüllt werden. Auf Grund dieser Folgerung dürfte die Annahme berechtigt erscheinen, daß das Blei das Endprodukt des Urans ist.

## Helium.

In der Literatur sind nur wenige experimentelle Bestimmungen der Mengenverhältnisse des Heliums in Mineralien von bekannter Zusammensetzung zu finden. Eine sorgsame Durchsicht der Literatur hat nur die nachstehenden Bestimmungen zutage gefördert: Zwölf Bestimmungen des in einer gleichgroßen Zahl von Uraninitproben bekannter Zusammensetzung vorkommenden „Stickstoffs" von Hillebrand[1]); die Bestimmung des Prozentgehaltes an Helium in einer Probe von Fergusonit, für die zwar die Analyse, aber nicht der Ursprungsort angegeben wird, durch Ramsay und Travers[2]); die Bestimmungen der Heliummenge in einer Anzahl von Mineralien, die nur auf Uran hin analysiert worden waren, durch Strutt[3]); die Bestimmung des Heliums in einer analysierten Thorianitprobe aus der Provinz Sabaragamuwa auf Ceylon durch Dunstan und Blake[4]); endlich die Bestimmung des Heliums in einer anderen Probe desselben Minerals durch Büchner.[5])

Bedenkt man die große Genauigkeit aller analytischer Untersuchungen, die Hillebrand ausgeführt hat, und die allgemeine Methode, die er bei seinen Bestimmungen des „Stickstoffs" befolgt hat, so ist es höchst wahrscheinlich, daß man durch Division der von ihm in seiner Arbeit angegebenen Werte durch 7 ($N_2 : He = 28 : 4$) eine sehr zuverlässige Zahl für den Prozentgehalt an Helium erhalten wird.

Eine Reihe verschiedener Forscher haben in bündiger Weise nachgewiesen, daß der Zerfall von Radium von der Erzeugung von Helium begleitet wird, und weiter hat Debierne[1]) festgestellt, daß der Zerfall von Aktinium gleichfalls Helium liefert. Macht man auf Grund dieser Analogie die Annahme, daß die gesamte Umwandlung vom Uran zum Blei von der Erzeugung von Helium begleitet wird, so lassen sich die bei dieser Umwandlung mitspielenden Mengen der Materie durch die Gleichung

Uran (238,5) = Blei (206,9) + Helium (31,6)

darstellen; mit anderen Worten: auf je 207 Teile Blei werden 32 Teile Helium gebildet werden.

Kennt man also die in den Mineralien vorhandene Bleimenge, so ist die Möglichkeit gegeben, die Heliummenge zu berechnen, die nach dieser Hypothese gebildet werden müßte, und diese berechnete Menge mit der tatsächlich in den Mineralien vorkommenden Menge zu vergleichen.

Derartige Berechnungen und Vergleiche sind für eine Anzahl Mineralien ausgeführt worden, und die Ergebnisse habe ich in der folgenden Tabelle IV zusammengestellt.

No. 1 bis 11 und No. 18 sind den Analysen von Hillebrand entnommen, No. 12 bis 17 den Bestimmungen von Strutt (der Prozentgehalt

1) Sill. Journ. **40**, 384, 1890; **42**, 390, 1891.
2) Proc. Roy. Soc. London **52**, 316, 1898.
3) Proc. Roy. Soc. London **78** (A), 88, 1905.
4) a. a. O.
5) Nature **75**, 165, 1906.

1) C. R. **141**, 383, 1905.

Tabelle IV.

| No. | Mineral | Ursprungsort | Prozentgehalt $P$% | Prozentgehalt *He* vorhand. | Prozentgehalt *He* berechnet | $R$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Uraninit | Glastonbury, Conn. | 2,9 | 0,34 | 0,43 | 79 |
| 2 | Uraninit | Branchville, Conn. | 4,0 | 0,39 | 0,60 | 65 |
| 3 | Uraninit | Elvestad, Norwegen. | 9,3 | 0,18 | 1,40 | 13 |
| 4 | Uraninit | Nord-Carolina. | 3,9 | 0,05 | 0,58 | 9 |
| 5 | Uraninit | Skaartorp, Norwegen. | 8,8 | 0,15 | 1,32 | 11 |
| 6 | Uraninit | Huggenäskilen, Norwegen. | 8,8 | 0,15 | 1,32 | 11 |
| 7 | Uraninit | Anneröd, Norwegen. | 8,4 | 0,17 | 1,26 | 13 |
| 8 | Uraninit | Elvestad, Norwegen. | 8,0 | 0,15 | 1.21 | 12 |
| 9 | Uraninit | Llano Co., Tex. | 9,4 | 0,08 | 1,40 | 6 |
| 10 | Uraninit | Colorado. | 0,6 | 0,02 | 0,10 | 20 |
| 11 | Uraninit | Arendal, Norwegen. | 10,2 | 0,16 | 1,53 | 10 |
| 12 | Thorianit | Ceylon. | (2,6) | 0,16 | 0,40 | 40 |
| 13 | Aschynit | Hitterö, Norwegen. | (1,2) | 0,02 | 0,18 | 11 |
| 14 | Samarskit | Nord-Carolina. | (0,42) | 0,03 | 0,06 | 50 |
| 15 | Gadolinit (?) | Ytterby, Schweden. | (0,25) | 0,04 | 0,04 | 100 |
| 16 | Cyrtolit | Texas. | (0,53) | 0,02 | 0,08 | 25 |
| 17 | Euxenit | Arendal, Norwegen. | (0,41) | 0,013 | 0,06 | 20 |
| 18 | Uraninit | Canada. | 10,5 | 0,12 | 1,6 | 8 |
| 19 | Thorianit | Ceylon. | 2,40 | 0,19*) | 0,36 | 53 |
| 20 | Thorianit | Ceylon. | 2,25 | 0,15 | 0,34 | 44 |

*) Bei der Analyse von Dunstan und Blake ist bei der Berechnung des Prozentgehaltes an Helium in diesem Mineral ein Fehler untergelaufen. Es werden 0,39 v. H. Helium angegeben. Es ist festgestellt worden, daß das Mineral 10,5 cm³ Helium auf ein Gramm enthielt, was einem Gehalt von 0,19 v. H. Helium gleichkommt.

an Blei ist dabei aus den in der Tabelle I angegebenen Verhältnissen berechnet worden), No. 19 der Analyse von Dunstan und Blake, und No. 20 der Analyse von Büchner. In der letzten Spalte ist unter der Überschrift $R$ das Verhältnis zwischen der tatsächlich vorhandenen Heliummenge und der nach der Hypothese gebildeten, mit 100 multipliziert, angegeben, oder mit anderen Worten, der Prozentgehalt der gesamten gebildeten Heliummenge, der von dem Mineral festgehalten worden ist.

Man wird bemerken, daß die auf diese Weise für $R$ gewonnenen Werte durchaus vernünftige Zahlen sind und keineswegs mit dem in Widerspruch stehen, was man auf Grund allgemeiner Betrachtungen erwarten darf. Dieser Zusammenhang wird noch deutlicher, wenn man auch die Dichte der Mineralien betrachtet. Nur von den zehn ersten Mineralien sind die Dichten bekannt, und ich habe sie zusammen mit den entsprechenden Werten für $R$ in nachstehender Tabelle V aufgeführt.

Tabelle V.

| No. | Dichte | $R$ |
|---|---|---|
| 1 | 9,62 | 79 |
| 2 | 9,35 | 65 |
| 3 | 9,14 | 13 |
| 4 | 9,08 | 9 |
| 5 | 8,96 | 11 |
| 6 | 8,93 | 11 |
| 7 | 8,89 | 13 |
| 8 | 8,32 | 12 |
| 9 | 8,29 | 6 |
| 10 | 8,07 | 20[1]) |

Keines der in der Tabelle IV aufgeführten Mineralien enthält mehr Helium als auf Grund der Annahme zu erwarten wäre, daß Helium einzig und allein durch den Zerfall von Uran gebildet wird; und im allgemeinen wird von einem Mineral ein um so größerer Bruchteil der gesamten gebildeten Heliummenge festgehalten, je größer die Dichte dieses Minerals ist.

## Das Alter der Mineralien.

Wenn die Menge des mit einer bekannten Menge seiner radioaktiven Vatersubstanz zusammen vorkommenden Endproduktes und die Zerfallgeschwindigkeit der Vatersubstanz bekannt sind, so ist die Möglichkeit gegeben, die Länge des Zeitraumes zu berechnen, der erforderlich sein würde, um dieses Endprodukt zu bilden. Kennt man also die Zerfallgeschwindigkeit des Urans, so wird es möglich sein, die zur Bildung der in den verschiedenen Mineralien gefundenen Bleimengen erforderlich gewesene Zeit, oder mit anderen Worten das Alter der Mineralien, zu berechnen.

Die Zerfallgeschwindigkeit des Urans ist bisher noch nicht durch direkte Versuche bestimmt worden, aber die Zerfallgeschwindigkeit des Radiums, seines radioaktiven Nachkommen, ist von Rutherford[1]) auf Grund verschiedener Daten berechnet worden. Rutherfords Rechnungen ergeben 2600 Jahre für die Zeit, die erforderlich ist, damit eine gegebene Radiummenge zur Hälfte in ihre Endprodukte umgewandelt wird. Der Bruchteil an Radium, der jährlich umgewandelt wird, ist dementsprechend $2{,}7 \times 10^{-4}$, und vorläufige Versuche, die ich über die Bildungsgeschwindigkeit von Radium aus Aktinium angestellt habe[2]), haben mir einen Wert geliefert, der mit dieser Zahl in guter Übereinstimmung steht. Die in einem radioaktiven Mineral mit einem Gramm Uran vergesellschaftete Radiummenge ist gleichfalls bestimmt worden[3]) und wurde zu $3{,}8 \times 10^{-7}$ Gramm gefunden. Wenn Radium und Uran im radioaktiven Gleichgewicht sind, so zerfällt gemäß der Zerfallstheorie in der Sekunde die gleiche Anzahl von Molekülen jedes dieser Elemente; wir können dann für unseren gegenwärtigen Zweck den Unterschied zwischen ihren Atomgewichten vernachlässigen und einfach annehmen, daß in jedem Zeitraum die der Umwandlung unterworfenen Gewichtsmengen Radium und Uran dieselben sind. In einem Gramm Uran würde daher die in einem Jahre sich umwandelnde Gewichtsmenge

$$2{,}7 \times 10^{-4} \times 3{,}8 \times 10^{-7} = 10^{-10} \text{ Gramm}$$

betragen, und der jährlich umgewandelte Bruchteil Uran würde $10^{-10}$ betragen.

In der folgenden Tabelle VI ist das Alter der in der Tabelle I aufgeführten Mineralien entsprechend der vorstehend skizzierten Methode roh berechnet worden. Das Alter der Mineralien in Jahren ist durch Multiplikation des Mittelwertes für das Verhältnis mit $10^{10}$ erhalten worden. Die allgemeinen Grundzüge für die

Tabelle VI.

| Ursprungsort des Minerals | Alter in Millionen Jahren |
|---|---|
| Glastonbury (Portland), Conn. | 410 |
| Branchville, Conn. | 535 |
| Spruce Pine, N. C. | 510 |
| Marietta, S. C. | 460 |
| Llano and Burnet Co., Texas. | 1800 |
| Douglas Co., Colorado. | 1900 |
| Moss Distrikt, Norwegen. | 1300 |
| Anneröd, Norwegen. | 1700 |
| Sabaragamuwa Province, Ceylon. | 2200 |
| Galle Distrikt, Ceylon. | 860 |

1) Es muß erwähnt werden, daß No. 10 tatsächlich ein sekundärer Uraninit ist und infolgedessen nicht unmittelbar mit den übrigen vergleichbar ist.

1) Phil. Mag. (6) **12**, 367, 1906.
2) Sill. Journ. **22**, 537, 1906.
3) Rutherford and Boltwood, Sill. Journ. **22**, 1, 1906.

Berechnung des Alters der Mineralien nach dieser Methode sind mir zuerst von Professor Rutherford angegeben worden.

Die für dieses Alter tatsächlich erhaltenen Werte sind natürlich abhängig von dem für die Zerfallgeschwindigkeit des Radiums zugrunde gelegten Werten. Wenn diese letztere mit Sicherheit bestimmt sein würde, so würde das in dieser Weise berechnete Alter eine größere Bedeutung gewinnen und vielleicht von beträchtlichem Wert für die Bestimmung des wahren Alters gewisser geologischer Formationen sein können.

### Die Zerfallsprodukte des Thors.

Die zugänglichen Angaben über die Zusammensetzung der radioaktiven Mineralien dienen dazu, über die Natur der Zerfallsprodukte des Thors gerade wie des Urans einiges Licht zu verbreiten. Die gegenseitigen Mengenverhältnisse, in denen Uran und Thor in einem Mineral auftreten, können in Mineralien von demselben Ursprungsort weite Abweichungen zeigen, ohne daß dadurch ein merklicher Einfluß auf den Wert des Mengenverhältnisses Blei : Uranium, das für diese Örtlichkeit gilt, ausgeübt würde. Man kann deshalb mit Sicherheit schließen, daß das Blei kein Zerfallsprodukt des Thors ist. Diese Tatsache wird ganz besonders bestätigt durch die Zusammensetzung des Thorits, der mit dem Thorianit zusammen in der Provinz Sabaragamuwa auf Ceylon gefunden worden ist und aller Wahrscheinlichkeit nach auch der gleichen Entstehungszeit angehört. Die Bestandteile dieses Minerals[1]) sind besonders: $ThO_2$ 66,26 Proz., $CeO_2$ 7,18 Proz., $ZrO_2$ 2,23 Proz., $UO_2$ 0,46 Proz. Die Anwesenheit von Blei ist überhaupt nicht angegeben, und die Menge Blei, welche auf Grund des vorhandenen Urans zu erwarten wäre, beträgt nur 0,08 Proz., eine Menge, die wahrscheinlich bei Ausführung der Analyse übersehen worden ist. Ein ähnliches Ergebnis habe ich bei der Untersuchung einer Thoritprobe aus Norwegen erhalten: Dieses Mineral enthielt nur 0,40 Proz. Uran, 52 Proz. $ThO_2$ und weniger als 0,10 Proz. Blei. Die Anwesenheit von Helium wird bei dem erstgenannten dieser Thorite nicht erwähnt, und bei der Probe, die ich untersucht habe, habe ich keine Anzeichen für die Gegenwart von Helium in merklichen Mengen erhalten. Obschon Ramsay[2]) behauptet hat, daß die verhältnismäßig große Menge Helium, die in dem Thorianit aus der Provinz Sabaragamuwa enthalten ist, ein bündiger Beweis für die Erzeugung von Helium aus Thor sei, so erscheint es doch durchaus wahrscheinlich, daß der von diesem Mineral gelieferte Beweis gerade nach der entgegengesetzten Seite hin ausschlägt, da es anscheinend nur die Hälfte der Heliummenge enthält, die durch den Zerfall des Urans allein erzeugt werden würde.

1) Dunstan and Blake, a. a. O.
2) Journ. Chem. Phys. **8**, 617, 1905.

### Zusammenfassung.

Es ist der Nachweis erbracht worden, daß in unveränderten primären Mineralien von gleichem Ursprungsort die in dem Mineral vorkommende Bleimenge der Uranmenge proportional ist, und daß für unveränderte primäre Mineralien aus verschiedenen Gegenden das Verhältnis zwischen der Bleimenge und der Uranmenge in den Mineralien am größten ist, deren Fundgebiet nach Maßgabe geologischer Daten am ältesten ist. Dies wird als Beweis dafür angesehen, daß das Blei das letzte Zerfallsprodukt des Urans ist.

Es ist weiter nachgewiesen worden, daß, nach Maßgabe der gegenwärtig verfügbaren experimentellen Daten, die in radioaktiven Mineralien gefundenen Heliummengen ungefähr von der Größenordnung, und niemals größer sind, als auf Grund der Annahme zu erwarten wäre, daß Helium nur durch den Zerfall des Urans und seiner Produkte erzeugt wird.

Es ist auf die Unwahrscheinlichkeit der Annahme hingewiesen worden, daß Blei oder Helium Zerfallsprodukte des Thors seien.

Sloane Physical Laboratory, Yale University, New Haven, Conn. U. S. A., 27. Dezember 1906.

(Aus dem Englischen übersetzt von Max Iklé.)

(Eingegangen 28. Januar 1907.)

---

## Zur Zerstreuung der $\alpha$-Strahlen in Metallen.

### Einige Bemerkungen zum Aufsatz des Herrn Edgar Meyer.[1])

Von B. Kučera.

Stellen wir in den Gang der $\alpha$-Strahlen (z. B. derjenigen von Radium *F*, früher Polonium oder Radiotellur genannt) zwei Schirme aus verschiedenen Metallen, z. B. *Al* und *Sn*, und messen die hinter ihnen auftretende Ionisation, so ist dieselbe von der Reihenfolge der Schirme abhängig, und fällt im obengenannten Beispiele größer aus, wenn die $\alpha$-Strahlen in der Richtung $Al \rightarrow Sn$ verlaufen. Diese zuerst von Frau Curie beobachtete Tatsache wurde in einer Arbeit über die Strahlung des Radiotellurs (diese Zeitschr. **7**, 650—654, 1906) von mir gemeinsam mit Herrn B. Mašek einer genaueren Analyse unterworfen, wobei sich ergab,

1) Diese Zeitschr. **7**, 917, 1906.

daß sie nicht durch eine gewöhnliche (d. h. Luft barometrischen Druckes ionisierende) Sekundärstrahlung erklärt werden kann, daß sich aber „eine Erklärung ergibt aus der Voraussetzung, daß die $\alpha$-Strahlen beim Durchgang durch eine Metallschicht diffus zerstreut werden (scattering of the $\alpha$-rays)". Dabei stellte sich heraus, daß „es wahrscheinlich ist, daß das Zerstreuungsvermögen der Metalle mit ihrem Atomgewicht wächst, vielleicht proportional mit der Quadratwurzel aus demselben".

Im letzten Heft des vorigen Jahrganges dieser Zeitschrift (7, 917, 1906) veröffentlichte nun Herr Edgar Meyer eine Notiz: „Die Absorption der $\alpha$-Strahlen von Radiotellur (Radium *F*) in Metallen," in welcher er glaubt bewiesen zu haben, daß es nicht notwendig ist, bei der Erklärung der obgenannten Erscheinung eine Sekundärstrahlung oder eine diffuse Zerstreuung in den Metallen anzunehmen, sondern daß es möglich ist auf Grund der Annahme, daß Absorption und Ionisation einander proportional sind, die Absorption von $\alpha$-Strahlen des Radiotellurs in mehreren aufeinandergelegten Metallschichten zu berechnen, wenn man die Absorption der einzelnen Metallschichten kennt. Es sei mir gestattet, auf diese Ausführungen des Herrn E. Meyer nochmals zurückzukommen, da seine Messungen im Grunde genommen eine willkommene Wiederholung der Versuche von Frau Curie über die transformierende Wirkung bei der Vertauschung der Schirme, sowie eine neue Bestätigung der Zerstreuung der $\alpha$-Strahlen in Metallen bilden, wodurch sie allerdings gerade das Gegenteil dessen beweisen, was der Herr Verfasser aus ihnen deduziert.

Herr E. Meyer benutzt die von Bronson[1]) angegebene Versuchsanordnung (Fig. 1), indem

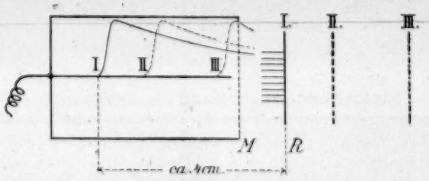



Fig. 1.

er durch ein Metallnetz hindurch in einen Zylinderkondensator achsenparallele $\alpha$-Strahlen hereintreten läßt, und die bei variabler Entfernung $MR$ des außen befindlichen Präparates entstehenden Ionisationen mißt. Tragen wir diese Ionisationen als Funktionen der Entfernung $MR$ in ein Koordinatensystem ein, so bekommen wir eine Kurve, wie z. B. Kurve I auf Fig. 2, die der Bronsonschen (l. c. S. 809) ähnlich ist und sein muß. Diese Luftkurve ließe sich aus den bekannten nach Braggs Methode gemessenen Ionisationskurven von Radium *F* (M. Levin, diese Zeitschr. **7**, 520, 1906, oder B. Kučera und B. Mašek, ibid. **7**, 339, 1906) durch Integration berechnen, wie aus der schematischen Fig. 1, wo die Ionisationskurve für drei Stellungen des Präparats eingezeichnet ist, ohne weiteres erhellt. Ähnliche Kurven hat nun Herr Meyer aufgenommen, indem das Netz des Kondensators mit einem *Al*-Blatt, dann mit einem und zwei *Sn*-Blättern und endlich mit je einem *Sn*- und *Al*-Blatt in verschiedener Reihenfolge bedeckt war.

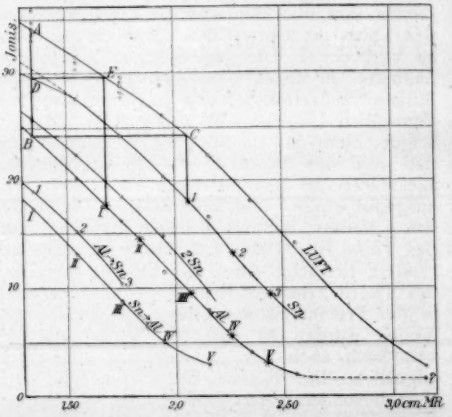



Fig. 2.

Wenn das *Al*-Blatt, statt auf das Netz gelegt zu werden, direkt aufs Präparat gelegt worden wäre, so ließe sich auch die *Al*-Kurve aus unseren Messungen (l. c. S. 631) im voraus bestimmen, da wir — natürlich ganz zufälligerweise — ein *Al*-Blatt von sehr ähnlicher Dicke wie Herr Meyer benutzt haben (vergl. die Anmerkung 1 auf S. 920 seiner Notiz). Allerdings führt Herr Meyer die den Ionisationen reziproken Zeitwerte an; da sich die Sache aber weit übersichtlicher darstellen läßt, wenn man mit ersteren operiert, so habe ich aus seinen Daten[1]) diese berechnet, in der nachfolgenden Tabelle 1 zur Kontrolle angeführt und in Fig. 2 graphisch dargestellt. Die recht schwankenden Werte (bis über 7 Proz.) bei den verschiedenen Bestimmungen der Luftkurve I (ohne eingelegten Metallschirm) sind wohl darauf zurückzuführen, daß vor dem Netz des Meßkondensators kein

1) H. L. Bronson, Phil. Mag. **11**, 806, Juni 1906.

1) Mittels eines Rechenschiebers.

Tabelle 1.

| Entfernung $MR$ cm berechnet aus E. Meyers | Ionisation in willk. Einheiten | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Luft | | | | | | $Al$ | $Sn$ | $2Sn$ | $Al \rightarrow Sn$ | $Sn \rightarrow Al$ |
| | Tab. 2 | Tab. 4 | Tab. 5 | Tab. 6 | Tab. 7 | Mittel | Tab. 1 u. 2 | Tab. 4 | Tab. 5 | Tab. 6 | Tab. 7 |
| 1,35 | 33,15 | 34,7 | 33,15 | 33,6 | 35,7 | 34,06 | 24,3 | 29,6 | 25,6 | 19,1 | 17,4 |
| 1,55 | 31,5 | 31,5 | 30,5 | 31,1 | 32,7 | 31,46 | 20,2 | 27,8 | 22,5 | 15,2 | 13,22 |
| 1,75 | 29,6 | 28,9 | 29,2 | 28,4 | 27,9 | 28,78 | 16,35 | 24,2 | 18,6 | 10,35 | 8,75 |
| 1,95 | 25,9 | 26,5 | 26,5 | — | 25,9 | 26,2 | 11,5 | 20,3 | 14,8 | — | 4,93 |
| 2,15 | 22,95 | 22,6 | 22,4 | — | 22,6 | 22,64 | 7,93 | 16,6 | 9,66 | — | 2,86 |
| 2,35 | 18,13 | 18,15 | — | — | — | 18,14 | 3,96 | 11,3 | — | — | — |
| 2,55 | 14,4 | 14,1 | — | — | — | 14,25 | 2,06 | 7,18 | — | — | — |
| 2,75 | 9,35 | — | — | — | — | 9,35 | — | — | — | — | — |
| 2,95 | 5,56 | — | — | — | — | 5,56 | — | — | — | — | — |
| 3,15 | 2,7 | — | — | — | — | 2,7 | 1,53 ? | — | — | — | — |

Schutzkondensator nach Braggschem Beispiel eingeschaltet wurde, so daß wahrscheinlich Ionen aus dem Außenraum in den Meßkondensator in unkontrollierbarer Weise hineindiffundierten. Zur Konstruktion der Luftkurve wurden Schwerpunkte (arithm. Mittel) benutzt.

Die Kurven sind sehr lehrreich. Auf den ersten Blick sieht man die Tendenz, daß sie zueinander fast parallel verlaufen, d. h. daß sie fast dieselbe Kurve darstellen, welche zur Abszissenachse parallel nach links verschoben wurde. Dies ist leicht erklärlich, wenn man sich der durch Fig. 1 dargestellten Entstehungsweise der Kurve erinnert und bedenkt, daß das Einschieben des Metallblättchens der Verlängerung des Luftweges der Strahlen um eine von der Dicke und Natur des Metalls abhängige Luftstrecke äquivalent ist. Wenn man auf einer sehr sorgfältig auf Millimeterpapier ausgeführten Zeichnung der Fig. 2 diese äquivalente Luftstrecke abmißt, und zwar bei allen geradzahligen Ionisationen von den höheren angefangen, so bekommt man für $Al$ die Zahlen 7,2, 7,15, 7,1, 7,0, 6,95, 6,9, 6,85, 6,8, 6,75, 6,85, 6,95 mm, im Mittel 6,95 mm und ähnlich für 1 $Sn$ ([3,75], 2,95, 3,1, 3,2, 3,15, 3,05, 2,95, 2,95, 2,95, 3,05, 3,1, 3,1), wenn man die erste Zahl als durch die sicher zu niedrige Angabe der Ionisation bei $MR = 1{,}35$ cm verursacht wegläßt, 3,05 cm, für 2 $Sn$ (6,2, 6,1, 6,0, 5,9, 5,8, 5,7, 5,7, 5,9) 5,92 mm, für $Al \rightarrow Sn$ (9,55, 9,5, 9,45, 9,5) 9,5 mm, für $Sn \rightarrow Al$ (10,45, 10,4, 10,35, 10,3, 10,35, 10,35, 10,35, 10,3) 10,36 mm. Man sieht, daß innerhalb der Versuchsfehler die einzelnen Werte für ein jedes Metall oder eine Kombination gleich sind. Höchstens könnte man in den Zahlen für $Al$ (und 2 $Sn$), wenn man die den kleineren Ionisationen 6 und 4 entsprechenden Werte, die naturgemäß weniger genau bestimmt sind, wegläßt, einen Gang zu kleineren Zahlen hin bemerken. Darin liegt eine Andeutung der von Bragg gestreiften, von mir und Mašek nachgewiesenen Erscheinung, daß nämlich die langsameren $\alpha$-Strahlen, die aus größerer Entfernung $MR$ auf das Metall auffallen, von diesem weniger absorbiert werden.

Herr Edgar Meyer behauptet nun, daß, wenn man die Kurven für Luft, $Al$ und $Sn$, kennt, diejenigen von den Kombinationen 2 $Sn$, $Al \rightarrow Sn$ und $Sn \rightarrow Al$ berechnen kann. Dazu gibt er ein rechnerisches Verfahren an, welches sich aber an der Hand der Fig. 2 sehr einfach in ein dem Wesen nach absolut identisches graphisches verwandeln läßt, das den Vorzug hat, nicht nur die mit recht großen Fehlern behafteten Einzelbeobachtungen (siehe Luftkurve) und lineare Interpolation zwischen Nachbarbeobachtungen heranzuziehen, wie es Herr Meyer tut, sondern mit den besser bestimmten Mittelwerten und mit ausgeglichenen glatten Kurvenzügen operiert. Diese ins Graphische übersetzte Vorschrift heißt: Wenn man die Ionisation im Zylinderkondensator bei einer bestimmten Entfernung $MR$ des Präparats (z. B. 1,35 cm) und vorgelegtem $Al \rightarrow Sn$-Schirm bestimmen will, so gehe man von der Luftkurve bei gleichbleibender Abszisse bis zur $Al$-Kurve (Fig. 2 $\overrightarrow{AB}$), von diesem Punkte bei gleichbleibender Ordinate zurück zur Luftkurve ($\overrightarrow{BC}$) und von da ab wieder bei gleichbleibender Abszisse zur $Sn$-Kurve ($\overrightarrow{C1}$). Die Ordinate des so aufgefundenen Punktes (1) ist die gesuchte Ionisation, die mit der gemessenen (1) gleich sein soll. Wenn es sich um den umgedrehten Schirm $Sn \rightarrow Al$ handelt, so ist das ganz analoge Verfahren durch den Zug $\overrightarrow{ADEI}$ veranschaulicht.

Die so eruierten und ihnen entsprechende wirklich gemessene Punkte sind in der Fig. 2 durch arabische und römische Ziffern gekennzeichnet und in der folgenden Tabelle 2 zusammengestellt.

Ganz ähnliche Resultate bekommt naturgemäß Herr Meyer durch sein rechnerisches Verfahren. In seiner Tabelle 6 für $Al \rightarrow Sn$ ist die berechnete Absorption immer größer, in seiner Tab. 7 für $Sn \rightarrow Al$ immer kleiner als die ge-

Tabelle 2.

| Entfernung $MR$ cm | $Al \rightarrow Sn$ | | | $Al \rightarrow Sn$ | | | $2\,Sn$ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | berechn. | beob. | Diff. Proz.*) | berechn. | beob. | Diff. Proz. | berechn. | beob. | Diff. Proz. |
| 1,35 | 18,2 | 19,1 | — 5,0 | 17,5**) | 17,4 | + 0,6 | 25,3 | 25,6 | —1,1 |
| 1,55 | 13,5 | 15,2 | —12,6 | 14,5 | 13,22 | + 8,8 | 22,7 | 22,5 | +0,9 |
| 1,75 | 9,4 | 10,3 | — 9,6 | 9,6 | 8,75 | + 8,8 | 18,2 | 18,6 | —2,2 |
| 1,95 | — | — | — | 5,6 | 4,9 | +12,5 | 13,6 | 14,8 | —8,8 |
| 2,15 | — | — | — | 3,1 | 2,9 | + 6,5 | 9,7 | 9,7 | ±0 |

*) (ber.—beob.)/ber.

**) Sicher zu wenig wegen des ersten Punktes der $Sn$-Kurve. Beim wahrscheinlicheren gestrichelten Verlauf in Fig 2 ca. 18,3, wobei Diff. +4,9 Proz.

messene, also die berechnete Ionisation im ersten Falle immer kleiner, im zweiten immer größer. Sonderbarerweise sieht er von der systematischen Abweichung ab und erscheint ihm die Übereinstimmung im zweiten Falle genügend. Die Nichtübereinstimmung im ersten Falle will er durch eine kleinere Dicke des bei der Kombination benutzten $Sn$-Blattes erklären. Aus den angeführten äquivalenten Luftstrecken ist es wirklich ersichtlich, daß die Dicke des zweiten zum ersten $Sn$-Blatte ungefähr im Verhältnis $(5{,}92 - 3{,}05)/3{,}05 = 0{,}942$ stand. Wenn wir darauf Rücksicht nehmen, und die $Sn$-Kurve um 0,18 mm weiter nach rechts verschieben, so bekommen wir im günstigsten Falle die Ionisationen 18,5, 13,9, 9,8, so daß die Differenzen immer noch $-3{,}2$, $-9{,}6$, $-5{,}1$ Proz. betragen. Außerdem werden aber dadurch die positiven Differenzen bei der Kombination $Sn \rightarrow Al$ noch vergrößert.

Durch die Erklärungsweise des Herrn Meyer werden also die Differenzen der Ionisationen bei der Strahlenrichtung $Al \rightarrow Sn$ und $Sn \rightarrow Al$ gar nicht erklärt. Im Gegenteil ersieht man leicht aus einer elementargeometrischen Betrachtung oder auf Grund der Erwägung des Umstandes, daß innerhalb der Genauigkeit, welche die Versuche des Hrn. Meyer verbürgen, die verschiedenen Metallfolien immer derselben Luftstrecke äquivalent sind, daß die berechneten Ionisationen für $Al \rightarrow Sn$ und $Sn \rightarrow Al$ dieselben wären und der äquiv. Luftstrecke $6{,}95 + 3{,}05 = 10{,}0$ entsprechen würden, wenn es sich um vollkommen glatte Kurvenzüge handeln würde. Es wurden aber absichtlich die Kurven in möglichster Anlehnung an die wirklich beobachteten Punkte gezeichnet und nicht freier hindurchgelegt, um einem möglichen späteren Vorwurfe vorzubeugen. Dabei ist die beobachtete äquiv. Luftstrecke für $Al \rightarrow Sn$ 9,5, also kleiner als 10,0, und diejenige für $Sn \rightarrow Al$ 10,36, also größer als 10,0, worin sich eben der Effekt der Vertauschung der Schirme zu erkennen gibt. Die Berechnungsweise des Herrn Meyer hat dann ihre Berechtigung, wenn es sich um zwei Folien aus demselben Metall handelt, wie denn auch bei den 2 $Sn$-Blättern geschehen ist, wobei sich die in Tabelle 2 aufgeführten Zahlen ergaben. Die einzige größere Differenz der beobachteten und berechneten Werte bei $MR = 1{,}95$ cm ist sicher zufällig.

Als Schlußresultat meiner Ausführungen ergibt sich, daß aus den Betrachtungen des Herrn Meyer auf keine Weise gefolgert werden kann, daß sich die durch seine eigenen Messungen nach der Methode der Vertauschung der Schirme von neuem bestätigte „Transformation der $\alpha$-Strahlen beim Durchgang durch Metalle" erklären ließe ohne Zuhilfenahme einer Hypothese, wie die Transformation eigentlich zu deuten ist. In der früheren Arbeit mit Hrn. Mašek glaube ich den Beweis erbracht zu haben, daß es sich um keine gewöhnliche Sekundärstrahlung handeln kann, und habe mit Bezug auf eine ältere Photographie Rutherfords die Erscheinung auf die Zerstreuung der $\alpha$-Strahlen in Metallen zurückgeführt. Diese Deutung, welche auch den Versuchen des Hrn. Meyer vollkommen gerecht wird, hat nun viel an Wahrscheinlichkeit gewonnen, ja ist zur Gewißheit erhoben worden durch eine neuere Arbeit Rutherfords[1]), zu der Photographien beigefügt sind, die diese Zerstreuung in einer Glimmerplatte objektiv und untrüglich beweisen.

Zum Schlusse sei mir erlaubt, Hrn. Meyer auf ein kleines Versehen aufmerksam zu machen. In seiner Tabelle I müssen unbedingt bei den Entfernungen $MR = 3{,}35$, $3{,}55$, $3{,}75$ statt der prozentischen Absorptionen 7,3, 2,4, 0,0 die Zahlen 100,0, 100,0, 100,0 stehen, da in der Stellung III (Fig. 1 dieser Notiz) der Ionisationskurve und des Präparats nach dem Einschalten des $Al$-Blättchens überhaupt jedwede Ionisation (natürlich außer der abzuziehenden spontanen) im Meßkondensator verschwinden muß. Es ist sehr wahrscheinlich, daß auch die bei $MR = 3{,}15$ stehende Zahl 43,4 falsch ist, und die Absorption ca. 90 Proz. betragen wird. Dadurch verliert das Maximum seiner Fig. 2 und die daran geknüpften Betrachtungen überhaupt jedwede Bedeutung und der in Anmerkung 2, S. 920 er-

1) Rutherford, Phil. Mag. **12**, 134, August 1906.

wähnte Beweis, daß Absorption und Ionisation einander proportional sind, nimmt den Charakter des Zufalls an.

Prag, Physik. Institut der böhmischen Universität, 2. Januar 1907.

(Eingegangen 7. Januar 1907)

## Über die Radioaktivität einiger Süßwasserquellen des Taunus. III.

Von August Schmidt.

A. Nachträge zu den beiden früheren Aufsätzen[1]) über denselben Gegenstand.

1. Die an den beiden früheren Arbeiten erhaltenen Resultate lassen sich leicht in dem absoluten Maß ausdrücken. Ist $E$ die in Coulomb ausgedrückte Elektrizitätsmenge, die in der Sekunde von dem Elektroskop abströmt, $K$ die Kapazität des letzteren (samt Zerstreuungskörper) gemessen in Farad und $A$ der Potentialabfall in der Stunde — er war als Maß der Radioaktivität der Substanzen benutzt worden —, so ist

$$E = \frac{K \cdot A}{3600} \frac{\text{Coul}}{\text{sec}}.$$

Da $K$ für unser Elektroskop + Zerstreuungskörper

$$= 13{,}8 \text{ cm} = \frac{13{,}8}{9 \cdot 10^{11}} \text{ Far};$$

und

$$1 \text{ Coul} = 3 \cdot 10^9 \text{ cm}^{3/2} g^{1/2} \text{ sec}^{-1}$$

ist,
so ist

$$E = \frac{13{,}8 \cdot 3 \cdot 10^9}{9 \cdot 10^{11} \cdot 3600} \cdot A = 128 \cdot 10^{-7} \cdot A \text{ cm}^{3/2} g^{1/2} \text{ sec}^{-2}.$$

Beispielsweise ist für die Therme „Kurtz[2])"

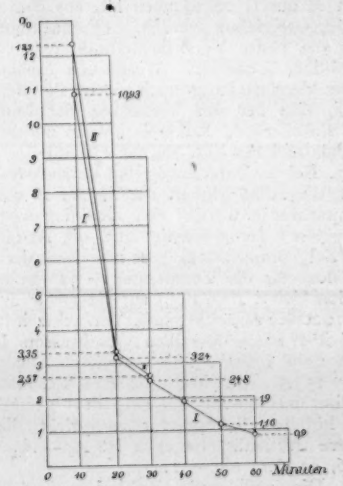
$$A = 281,$$

daher

$$E = 128 \cdot 281 \cdot 10^{-7} = 0{,}0036 \text{ cm}^{3/2} g^{1/2} \text{ sec}^{-2}.$$

Das Maß „$A$" ist für die Vergleichung der Resultate bequemer, wir behalten es im folgenden bei.

2. In der zweiten Arbeit wurde die Zulässigkeit des Potentialabfalls „$A$" anstatt „$A_t$" mitgeteilt.[3]) Die Tatsache, daß die bei den einzelnen Entaktivierungen des Probewassers bleibenden Reste zwar innerhalb oder hart an der Fehlergrenze lagen, sich aber durchweg als positiv erwiesen, veranlaßte die Untersuchung der Abhängigkeit der in der Flüssigkeit verbleibenden Radioaktivität von der Dauer der Luftdurchpressung. Zu diesem Zwecke wurde nach einer bestimmten Zeit, z. B. nach 10 Minuten, das Durchpressen der Luft eingestellt und dann die Radioaktivität $A_e$ der Preßluft ohne jede Änderung des Apparates nach Ablauf des Restes der Versuchsstunde, also hier nach 50 Minuten, ermittelt. Die Luft über dem Versuchswasser in der Flasche wurde hierauf abgeblasen, um die hier angesammelte Emanation zu entfernen und die Flasche abgeschlossen. Tags darauf wurde der Rest $A_r$ der Aktivität des Wassers bestimmt, nach dem Gesetze $A_{re} = e^{\lambda t} \cdot A_r$ auf die Zeit des ersten Versuches reduziert und in Prozenten des Gesamtwertes $A_e + A_{re}$ ausgedrückt. Die Größe $\lambda$ ergibt sich nach dem Abklingungsgesetz der Radiumemanation aus der Gleichung $2 = e^{\lambda \cdot 3{,}7 \cdot 24 \cdot 3600}$ und zwar ist $\lambda = 217 \cdot 10^{-8}$. Als Versuchswasser diente das Wasser der Quelle „Eiserne Hand".[1]) Der Streckenzug I der folgenden Figur, in welcher




die Abszissen die Versuchszeiten in Minuten und die Ordinaten die entsprechenden prozentigen Reste sind, bringt die gesuchte Abhängigkeit zur Anschauung. Man sieht: schon während der ersten 10 Versuchsminuten werden dem Versuchswasser durch das Durchpressen der Luft rund 89 Proz. seiner Emanation entzogen. Die Luft des geschlossenen Kreises[2]) deren Volumen rund 11 000 cm³ ist, ist dann ungefähr 1 3/4 mal durch die 600 cm³ Versuchswasser gegangen. Während der folgenden 10 Minuten gibt das Wasser weitere 7 Proz. seiner Emanation ab, so daß die 40 letzten

1) Diese Zeitschr. **6**, 34—37, 1905 und **6**, 402—406, 1905.
2) Diese Zeitschr. **6**, 404, 1905.
3) S. o. S. 402.

1) S. o. S. 404.
2) Diese Zeitschr. **6**, 34, 1905.

Versuchsminuten nur noch rund 3 Proz. der gesamten Radioaktivität liefern, während der dann noch verbleibende Rest von 0,9 Proz. hart an der Fehlergrenze liegt.

Bezeichnen wir den dem Streckenzuge zu entnehmenden Rest für eine bestimmte Zeit, z. B. für 20 Minuten, mit $R$, so ist $A = A_o + \frac{A}{100} \cdot R$, d. h. $A = \frac{100 \cdot A_o}{100 - R}$. Hiernach kann die Luftpressung auf einen Bruchteil der Stunde, z. B. auf 10 oder 20 Minuten, beschränkt werden.

Bequemer noch gestaltet sich die Rechnung, wenn man den Reststreckenzug für Prozente von $A_o$ herstellt, wie das durch die Linie II geschehen ist. Von 30 Min. an unterscheidet sich II nicht mehr merklich von I. Dann ist $A = A_o + \frac{A_o}{100} \cdot R$ und das Resultat kann, nachdem $R$ aus II entnommen ist, aus dem Kopfe niedergeschrieben werden. Hiernach gestaltet sich die ganze Versuchsmethode gegen früher erheblich bequemer. Wesentlich erhöht wird diese Vereinfachung noch durch die Beobachtung, daß bei der Vornahme der Luftprobe der zirkulierende Luftkreis keinen anderen Potentialabfall bewirkt, als der ruhende.

3. Bei der Berechnung der Versuchsresultate über die Abhängigkeit der Größe $A$ von der Temperatur[1]) wurde das Abklingungsgesetz $\mathcal{J}_0 = \mathcal{J} \cdot e^{\lambda t}$ vernachlässigt und die Abklingung der Zeit proportional gesetzt. Reduziert man die dort für die Temperatur + 32° gefundene Radioaktivität $A = 143{,}5$ auf die $t = 8^h\ 27$ Min. $= 31020$ sec zurückliegende Versuchszeit für die Aktivität 164,4 desselben Quellwassers bei 2° nach dem Gesetze $A_o = A \cdot e^{\lambda t}$, so erhält man $A_c = 153{,}5$. Qualitativ ist das Resultat also in Übereinstimmung mit dem dort gefundenen, der höheren Temperatur entspricht die geringere Aktivität; dagegen ist $A_2 - A_{32}$ nicht $= 16$, sondern nur $= 11$.

4. Die auffallende Erscheinung, daß der Charakter der Aktivität einer Süßwasserquelle — des „Marienbrunnens" im Nerotale, der Quelle V[2]) — sich als von dem der Quelle „Wahlsborn", die demselben Gebirgszuge angehört, verschieden erwies, führte zu einer abermaligen Untersuchung der Quelle V. Diese Untersuchung fand vom 19. Juni bis zum 28. Juli 1905 statt und lieferte eine den Radiumcharakter der Emanation der Quelle scharf kennzeichnende Abklingungskurve; auch war nach 29 Tagen die Aktivität des in verkorkter Flasche aufbewahrten Quellwassers verschwunden. Endlich lieferte eine vom 14.—18. August desselben Jahres vorgenommene Prüfung für 3,7 Tage die Abfallszahl 2,04. Hiernach muß in dem Zeitraume vom 28. Dez. 1904 bis 19. Juni 1905 eine Änderung des Charakters der Radioaktivität dieser Quelle stattgefunden haben; seitdem ist eine solche Änderung nicht wieder beobachtet worden.

5. Die Anwesenheit radioaktiver Elemente — wahrscheinlich des Radiums und des Thoriums — in dem Wasser der Therme „Kurtz[1])" wurde durch weitere Versuche endgültig festgestellt. Die in **6**, 406, 1905 angeführte Salzlösung wurde durch Preßluft entaktiviert, verkorkt und nach etwa 4 Wochen geprüft. Die Untersuchung erstreckte sich sowohl auf die über der Lösung befindlichen Luft, als auch auf die Lösung selbst. Beide erwiesen sich bei wiederholten Versuchen dieser Art jedesmal aufs neue als merkbar aktiv. Die Werte der Größe $A$ schwankten für die 1130 cm³ füllende Luft zwischen 18,2 und 13,7, und für die Lösung zwischen 5,2 und 2,4.

Auch konnte die Radioaktivität des Sinters dieser Quelle[2]) mit der der Uranpechblende, von welcher der Schüler Möller ein Stück zur Verfügung stellte, verglichen werden. Wie in der Arbeit II angeführt ist, bewirkten 36,9 g Sinter in der ersten Stunde 118,4 Volt Abfall; 27,9 g des Uranerzes ergaben als Mittel aus 4 Versuchen in zwei Minuten 98 Volt Abfall. Demnach erzeugen 36,9 g dieses Erzes in der Stunde den Abfall $A = 3888$, so daß das Erz rund die 33 fache Radioaktivität des Sinters besitzt. Da Giesel[3]) aus einer Tonne Uranpechblende 250 mg Radiumbromid erhielt, so könnten aus 132 kg Sinter ein Milligramm Radiumbromid gewonnen werden —, wenn Radium in dem Sinter in demselben Verhältnisse, wie in der Uranpechblende vorkäme. Und da die Radioaktivität des Sinters vom Kochbrunnen rund $^2/_3$ derjenigen des Sinters der Therme „Kurtz" ist, so würden unter derselben Voraussetzung 198 kg dieses Sinters zu demselben Zwecke ausreichen.

### B. Schwankungen der Radioaktivität zweier Süßwasserquellen im Laufe eines Jahres.

Am Schlusse der Arbeit II[4]) ist auf den Zusammenhang zwischen der Radioaktivität des Leitungswassers einer Süßwasserquelle, des Wahlsborns, der Quelle II, und der Ausflußmenge hingewiesen worden. Dieser Zusammenhang wurde das Jahr 1906 hindurch verfolgt und ist in dem ersten Teile der folgenden Tabelle zur Anschauung gebracht. Darin bedeutet $M$ die Ausflußmenge in der Minute

1) Diese Zeitschr. **6**, 403, 1905.
2) S. o. S. 404.

1) S. o. S. 405.
2) S. o. S. 405, r. u.
3) Soddy, Radioaktivität S. 23.
4) Diese Zeitschr. **6**, 406, 1905.

in cm³, $Q_t$ die Quellentemperatur und $V_t$ die Versuchstemperatur; $A$ ist das seitherige Maß der Radioaktivität.

Wahlsborn (Quelle II)

| Datum | $M$ | $Q_t$ | $V_t$ | $A$ |
|---|---|---|---|---|
| 19. Januar | 1670 | 6,5 | 15 | 166,4 |
| 11. Februar | 1275 | 5,5 | 15 | 162,2 |
| 23. März | 941 | 5,5 | 15 | 154,7 |
| 29. April | 706 | 7,2 | 15 | 153.4 |
| 27. Mai | 470 | 9,8 | 15 | 143,8 |
| 20. Juni | 211 | 12,3 | 15 | 122,3 |
| 9. Juli | 65 | 14 | 15 | 71,4 |
| 19. August | 3207 | 10,6 | 15 | 186,3 |
| 21. September | 1680 | 10,7 | 15 | 159 |
| 19. Oktober | 2205 | 10,1 | 15 | 170,2 |
| 16. November | 2352 | 9,1 | 15 | 170,4 |
| 9. Dezember 1906 | 2352 | 8,5 | 15 | 182,2 |
| | | | | 1842,3 |
| | | | Mittel: | 153,5 |

Eiserne Hand (Quelle IV)

| Datum | $Q_t$ | $V_t$ | $A$ |
|---|---|---|---|
| 12. Januar 1906 | 8 | 14,3 | 200,2 |
| 16. Februar „ | 8,5 | 17 | 196,8 |
| 16. März „ | 7,5 | 15 | 174,4 |
| 27. April „ | 8,2 | 18 | 224,2 |
| 25. Mai „ | 8,3 | 15 | 219,1 |
| 22. Juni „ | 8,6 | 15 | 218,7 |
| 13. Juli „ | 8,6 | 15 | 206,4 |
| 17. August „ | 8,7 | 15 | 195,3 |
| 14. September „ | 8,6 | 15 | 210,8 |
| 12. Oktober „ | 9 | 15 | 221,2 |
| 9. November „ | 8,6 | 15 | 212,7 |
| 12. Dezember „ | 8 | 15 | 205 |
| | | | 2484,8 |
| | | Mittel: | 207,1 |

Die Tabelle lehrt: die Radioaktivität des Leitungswassers nimmt zu, wenn die Ausflußmenge größer wird und umgekehrt.

Eine Abweichung hiervon zeigt das Resultat für den September von den Resultaten für den Januar und den Februar. Hierbei spielt voraussichtlich die Temperatur eine Rolle. Nach dem seitherigen[1]) ist zu erwarten, daß unter sonst gleichen Umständen die Radioaktivität des Leitungswassers mit abnehmender Temperatur wächst. Dann muß diese Größe von dem Quotienten der Ausflußmenge durch die Temperatur abhängen. Darum sind in den folgenden beiden Reihen die Quotienten $\frac{M}{t}$ für die einzelnen Untersuchungen nach abnehmenden Werten nebeneinander gestellt und die zugehörenden Werte $A$ der Radioaktivität daruntergesetzt.

| | August | Dezember | November | Januar | Februar | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\frac{M}{t}$ = | 303 | 277 | 258 | 257 | 232 | | |
| $A$ = | 186,3 | 182,2 | 170,4 | 166,4 | 162,2 | | |
| | Oktober | März | September | April | Mai | Juni | Juli |
| $\frac{M}{t}$ = | 218 | 171 | 157 | 98 | 48 | 17 | 5 |
| $A$ = | 170,2 | 154,7 | 159 | 153.4 | 143,8 | 122,3 | 71,4 |

1) Diese Arbeit: A, 3 und **6**, 403, 1905.

Sieht man von den beiden Posten für Oktober und März ab, so lehrt die Reihe:

Die Radioaktivität des Leitungswassers wächst mit dem Quotienten aus seiner Ausflußmenge durch seine Temperatur.

Die am Schlusse der Arbeit II[1]) ausgesprochene Vermutung, die Schwankungen der Ausflußmenge und damit die der Radioaktivität möchten mit den atmosphärischen Niederschlägen in Verbindung stehen, hat sich nicht bestätigt. Vielmehr ergab sich, daß die starken Veränderungen der Ausflußmenge durch Störungen in der Leitungsröhre von der Quelle selbst zur Ausflußröhre verursacht wurden. Nimmt aber infolge von Undichtigkeiten oder Verstopfungen der Zuleitung die Wassermenge in derselben ab, so geht ein größerer Bruchteil der Emanation des Wassers durch die Berührung und Durchschüttelung mit der Luft verloren, als wenn die fließende Menge größer ist. Damit ist die Abnahme der Radioaktivität mit der Abnahme der Ausflußmenge zwanglos erklärt.[2])

Der Umstand, daß für die Abnahme der Radioaktivität des Leitungswassers mit dem Quotienten $\frac{M}{t}$ ein mathematisches Gesetz nicht zu erkennen ist, sowie die Ausnahmestellung der für den Oktober und den März erhaltenen Resultate lassen vermuten, daß die Radioaktivität des Leitungswassers auch noch von anderen Faktoren beeinflußt wird. Dies wird durch die Jahresuntersuchung der Quelle „Eiserne Hand" — der Quelle IV in Arbeit II — **6**, 404, 1903 bestätigt. Das Wasser wurde der nichtgefaßten Quelle selbst entnommen, von der Ausflußmenge ist also nicht die Rede; sie hätte auch, da kein Abflußkanal vorhanden ist, nicht bestimmt werden können. Die Resultate sind in dem zweiten Teile der vorigen Tabelle zusammengestellt. Die Versuchstemperatur weicht infolge Versehens in zwei Fällen um 2 bezw. 3° von 15° ab; nach dem unter A. 3 Bemerkten werden hierdurch die beiden Resultate nur unerheblich beeinflußt.

Die Tabelle lehrt: die Temperaturschwankungen der Quelle IV sind weit geringer als die des Leitungswassers der Quelle II; dem entsprechen die weit geringeren Schwankungen der Radioaktivität. Während der Quotient der beiden extremen Werte für das Leitungswasser $= \frac{186,3}{71,4} = 2,6$ ist, hat das entsprechende Verhältnis für die Bodenquelle IV nur den Wert $\frac{224,2}{174,4} = 1,3$. Dagegen reichen die vorliegenden

1) **6**, 406, 1905.

2) Vergl. auch Osterprogramm des hiesigen Realgymn. 1905. S. XIII u.

geringen Temperaturschwankungen der Quelle IV zur Erklärung der immerhin beträchtlichen Schwankungen der Radioaktivität um so weniger aus, als hier den tieferen Temperaturen keineswegs die größeren Werte der Radioaktivität entsprechen. Es treten also, wie oben vermutet wurde, offenbar noch andere Faktoren in Wirkung, für deren Charakter sich Anhaltspunkte bis jetzt nicht ergeben haben.

### C. Das Zerstreuungsvermögen der Luft in der Nähe der Thermen.

Nachdem Herr Prof. Henrich[1]) die hochgradige Radioaktivität der Gase der Wiesbadener Thermen und ich selbst diejenige der Eisensäuerlinge *X* und *Y*[2]) — des "Weinbrunnens" und des „Stahlbrunnens" in Langenschwalbach — nachgewiesen hatte, lag es nahe, einen Einfluß solcher Quellen auf die Aktivität der umgebenden Luft zu vermuten. Eine dahingehende, schon vor zwei Jahren geplante Untersuchung mußte verschoben werden und konnte erst während der letzten Monate für die Umgebung dreier hiesiger Thermen im Einverständnis mit Herrn Prof. Henrich von mir vorgenommen werden. Nach dem Vorgange von Elster und Geitel[3]) wurde das seither gebrauchte Elektroskop benutzt. Der Zerstreuungskörper war von einem nötigenfalls gedeckten geerdeten Metallzylinder umgeben, die Ablesung geschah mittels Lupe. Die Resultate sind in den folgenden Zusammenstellungen enthalten. In ihnen bedeutet das etwa vorkommende „*d*" den Abstand der Aufstellung von der Quelle, *RF* die relative Feuchtigkeit, *t* die Temperatur der Luft und „*Z*" das Zerstreuungsvermögen der Luft für die Ladung des Elektroskops und des Zerstreuungskörpers; es wurde durch den während einer halben Stunde bewirkten Abfall der Spannung in Volt gemessen. Leider wurde bei diesen Untersuchungen der Luftdruck nicht berücksichtigt. Die Zusammenstellungen sind nicht chronologisch, sondern dem inneren Zusammenhange der Untersuchungen nach geordnet.

#### I. Das Zerstreuungsvermögen der Luft in der Nähe des Kochbrunnens.

a) Versuche vom 5. Oktober 1906. Sie begannen $8^h$ 57 abends und endeten nach Mitternacht.

1. Die Luft im Garten vor der Trinkhalle:

| Zeit | *RF* | *t* | *Z* |
|---|---|---|---|
| $10^h$ 57—$11^h$ 27 | 100 | 16 | 13,9. |

2. Die Luft in der Trinkhalle. Die oberen Fenster derselben standen offen, ebenso die Flügeltüren, welche die Halle von der Quelle abschließen.

| Zeit | *d* | *RF* | *t* | *Z* |
|---|---|---|---|---|
| $10^h$ 15—45 | 21,6 | 85 | 18 | 24,9 |
| $9^h$ 39—$10^h$ 09 | 16,2 | 88 | 19 | 21,3 |
| $8^h$ 57— $9^h$ 27 | 5,4 | 87 | 20 | 25,2 |
| $11^h$ 44—$12^h$ 14 | 0 | 86 | 18 | 27 |

Bei der letzten Untersuchung stand der Apparat dicht an der Quelle in dem starken Luftzuge, der von der Halle nach der Quelle wehte.

Resultat: Das Zerstreuungsvermögen der Luft war unter den vorliegenden Verhältnissen dicht an der Quelle rund das Doppelte, und innerhalb der Halle durchschnittlich das 1,7-fache derjenigen der Luft im Garten vor der Halle.

Ein Einfluß des Abstandes der Aufstellung von der Quelle auf das Zerstreuungsvermögen ist nicht zu erkennen — was bei den infolge der geöffneten oberen Fenster vorhandenen unregelmäßigen Luftströmungen nicht überraschen kann.

b) Versuche vom 27. Oktober 1906. Sie gingen von dem außerhalb des Quellengebietes der Thermen gelegenen Luisenplatze aus, begannen um $7^h$ 30 abends und endeten gegen $11^h$ in der Trinkhalle.

1. Die Luft auf dem Luisenplatze und im Garten vor der Halle.

| | Zeit | *RF* | *t* | *Z* |
|---|---|---|---|---|
| Luisenplatz | $7^h$ 33—$8^h$ 03 | 83 | 7 | 12,4 |
| Garten vor der Trinkhalle | $8^h$ 38—$9^h$ 08 | 84,5 | 7,3 | 17,2 |

2. Die Luft in der Trinkhalle; die Fenster waren eine Stunde vor Beginn der Untersuchungen geschlossen worden.

| Zeit | *d* | *RF* | *t* | *Z* |
|---|---|---|---|---|
| $9^h$ 16— $9^h$ 46 | 40 | 80 | 7 | 34,2 |
| $9^h$ 51—$10^h$ 21 | 20 | 71 | 7 | 39,7 |
| $10^h$ 26—$10^h$ 56 | 0 | 75,5 | 15 | 56,1 |

Resultate:

α) Das Zerstreuungsvermögen der Luft in der Trinkhalle des Kochbrunnens bei geschlossenen Fenstern ist dicht an der Quelle das Doppelte, sonst rund das $1\frac{1}{2}$ fache derjenigen bei geöffneten Fenstern.

β) Es nimmt mit wachsendem Abstande von der Quelle ab.

γ) Es ist dicht an der Quelle das 4fache, sonst rund das 3fache desjenigen der Luft außerhalb des Quellengebietes und das 3fache bezw. Doppelte desjenigen der Luft im Garten vor der Halle.

1) Sitzungsberichte der phys.-med. Soz. **38**, 177, 1904.
2) Diese Zeitschr. **6**, 404, 1906.
3) Diese Zeitschr. **1**, 11, 1899; **4**, 137, 1902.

II. Das Zerstreuungsvermögen der Luft in der Nähe der Schützenhofquelle.

Die Untersuchung begann am 3. Januar 1907 um $3^h$ nachmittags auf dem Luisenplatze und endete um $7^h$ abends in der Halle des Schützenhofs.

| 1. | Zeit | *RF* | *t* | *Z* |
|---|---|---|---|---|
| Luisenplatz | $3^h\,05$—$3^h\,35$ | 77,5 | 5,5 | 10,2 |
| Straße vor dem Schützenhof | $4^h\,26$—$4^h\,56$ | 70 | 6,5 | 12,1 |
| Garten bei dem Schützenhof. | $5^h\,10$—$5^h\,40$ | 77,5 | 6 | 10,1 |

2. Die Luft in der Halle. Die Halle des Schützenhofes, in deren Mitte etwa 4—5 m von den Wänden entfernt die Therme frei sprudelt, dient als Restaurationsraum. Es waren nur wenige Gäste anwesend, Tabakrauch war nicht vorhanden.

| Zeit | *d* | *RF* | *t* | *Z* |
|---|---|---|---|---|
| $6^h_h$ —$6^h\,30$ | 0 | 84,5 | 17,5 | 53,1 |
| $6\;37$—$7^h\,07$ | 4,5 | 79 | 18 | 57,8 |

Resultate: Das Zerstreuungsvermögen der Luft in der Halle des Schützenhofs ist das 5—6fache desjenigen der Luft außerhalb des Quellengebietes der Thermen und der Luft in dem Garten bei dem Badehause und das 4—5fache desjenigen der Luft in der Straße vor dem Hause.

Daß diesmal die Zerstreuung in dem Abstande 4,5 m von der Quelle etwas größer als dicht an derselben erscheint, dürfte darin seine Erklärung finden, daß die Aufstellung an der Quelle den Ausgangstüren der Halle, die nicht geschlossen blieben, erheblich näher lag, als die zweite Aufstellung.

III. Das Zerstreuungsvermögen der Luft im Badehause „Goldenes Roß".

Vorbemerkungen: Das Badehaus besitzt eine eigene Quelle, die in ihren physikalischen Eigenschaften der Quelle „Kurtz" sehr nahe steht. Eine Prüfung der Radioaktivität ihres Wassers ergab am 24. Juni 1906 den Wert $A = 224$. Nach dieser Richtung hin ist sie also die zweitstärkste der bis jetzt untersuchten Wiesbadener Thermen. Ihr Spiegel liegt rund 2 m unter dem Fußboden eines mäßig großen Zimmers, das Restaurationszwecken dient. Sie ist vom Zimmer durch einen dichten Verschluß getrennt.

Die Untersuchung der Luft begann am 6. Oktober 1906 nach $4^h$ im Badehause und endete um $8^h$ auf dem Luisenplatze.

1. Die Luft im Zimmer über der dicht verschlossenen Therme

| Zeit | *RF* | *t* | *Z* |
|---|---|---|---|
| $4^h\,51$—$5^h\,21$ | 63 | 20 | 24,5 |

2. Die Luft in einer Badezelle, die vom vorigen Zimmer durch eine Kammer getrennt war. Die Zelle war oben offen, die Badewanne war vor Beginn der Untersuchung mit dem Wasser der Therme gefüllt worden.

| Zeit | *RF* | *t* | *Z* |
|---|---|---|---|
| $5^h\,38$—$6^h\,08$ | 91 | 23 | 37,1 |

3. Abermalige Untersuchung im Zimmer 1. Die Verdeckung der Quelle war $^3/_4{}^h$ vorher weggenommen worden, so daß die im Vergleiche zum Kochbrunnen und der Schützenhofquelle spärlich sich entwickelnden Gase während dieser Zeit in das Zimmer strömen konnten, dessen Türen und Fenster geschlossen waren.

| Zeit | *RF* | *t* | *Z* |
|---|---|---|---|
| $6^h\,21$—$6^h\,51$ | 82 | 21 | 60,7 |

4. Die Luft auf dem Luisenplatz

| Zeit | *RF* | *t* | *Z* |
|---|---|---|---|
| $7^h\,30$—$8^h$ | 73,5 | 16,5 | 15,6 |

Resultate: Unter den vorliegenden Verhältnissen ist das Zerstreuungsvermögen der Luft in dem Zimmer über der verschlossenen Therme rund das $1^1/_2$fache, in der Badezelle mit gefüllter Wanne das 2fache und in dem erstgenannten Zimmer bei geöffneter Quelle das 4fache derjenigen der Luft außerhalb des Quellengebietes.

Aus der näherungsweisen Übereinstimmung der letzten Resultate der Untersuchungen $I_{4_5}$, $II_2$ und $III_3$ darf nicht auf die Gleichheit des Einflusses der 3 Quellen auf die Radioaktivität der umgebenden Luft geschlossen werden. Der Raum der Trinkhalle am Kochbrunnen ist mehrere Male größer, als der der Schützenhofhalle und dieser ist wieder mehrere Male größer, als der des Zimmers im „Goldenen Roß". Unter sonst gleichen Umständen müßte sich darum der Einfluß des Kochbrunnens als der größte, der der Therme im „Goldenen Roß" als der geringste herausstellen. In guter Übereinstimmung damit steht die Tatsache, daß von den 3 Quellen der Kochbrunnen die stärkste, die letzterwähnte Therme aber die schwächste Gasentwickelung zeigt.

Eine Abhängigkeit des Zerstreuungsvermögens der Luft von der relativen Feuchtigkeit und der Temperatur ist aus den vorliegenden Resultaten nicht zu erkennen.

Das Gesamtergebnis der Untersuchungen I, II und III ist: In der unmittelbaren Nähe der Wiesbadener Thermen ist das Zerstreuungsvermögen der Luft erheblich stärker, rund 3—6mal so groß, als in dem Gebiete außerhalb dieser Quellen.

Die Prüfung der Aktivität der Luft im engeren Sinne, d. h. die Prüfung ihrer Fähigkeit, Metalldrähte von hohem negativen Potential radioaktiv zu erregen, konnte bis jetzt äußerer Hindernisse wegen nicht vorgenommen werden.

Ob die erhaltenen Resultat auch eine physiologische Bedeutung haben, muß von anderer Seite

festgestellt werden. Wenn die Beobachtungen, die Herr Dr. Löwenthal an Gelenkrheumatikern gemacht hat, denen emanationhaltendes Wasser einverleibt worden war, sich als allgemein gültig erweisen sollten, so dürften Untersuchungen in der vorhin angedeuteten Richtung keineswegs als aussichtslos erscheinen.

Die vorliegende Arbeit hätte ich ohne die tatkräftige Unterstützung, die sie an dem Herrn stud. Raudnitzky und den Schülern Frank und Göbels fand, von denen der letztgenannte fast alle Ablesungen vornahm, nicht ausgeführt werden können. Es ist meine Pflicht, ihnen an dieser Stelle warmen Dank auszusprechen.

Wiesbaden, im Januar 1907.

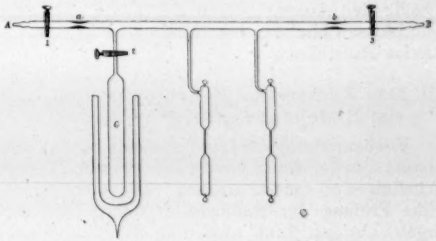
(Eingegangen 14. Januar 1907.)

## Untersuchungen über die Thermalquellen von Wiesbaden und deren Radioaktivität. [1])

Von Ferd. Henrich.

Vor zwei Jahren habe ich an anderer Stelle[2]) Untersuchungen über die Thermalquellen Wiesbadens mitgeteilt. Gas, Wasser und Sinter dieser Quellen erwiesen sich als radioaktiv. Die weiteren Untersuchungen sind inzwischen fortgeführt und die Resultate zum Teil a. a. O.[3]) veröffentlicht worden. In betreff der Gase, die gleichzeitig mit dem Wasser austreten, hat sich gezeigt, daß ihre Zusammensetzung im Laufe von zwei Jahren bei der Hauptquelle, dem Kochbrunnen, gar nicht, bei der Schützenhof- und Adlerquelle nur in sehr geringen Grenzen schwankt. Schon damals hatte ich außer den früher bereits bekannten Gasen (Kohlensäure, Stickstoff, etwas Sauerstoff) Spuren von Schwefelwasserstoff in den drei Hauptquellen nachgewiesen. Dann wurde die Anwesenheit von Argon mit aller Sicherheit spektralanalytisch festgestellt. Weiter zeigte es sich, daß die Aktivität der Gase in der Hauptsache durch Radiumemanation hervorgerufen wird. Als Zersetzungsprodukt derselben mußte Helium erwartet werden. Auf seine Anwesenheit war von Anfang an mein Augenmerk gerichtet und l. c. ist eine Versuchsanordnung beschrieben, durch die ich dies Gas nachzuweisen hoffte. Indessen führte weder dieser noch andere Versuche zum Ziel. Schon damals sprach ich die Vermutung aus, daß die linienreichen Spektren der anderen vorhandenen Gase das Spektrum des Heliums nicht in Erscheinung treten lassen. Ist es doch längst bekannt, daß Helium bei Gegenwart anderer Gase im Funkenspektrum nur dann gesehen wird, wenn es z. B. neben Wasserstoff und Stickstoff in einer Menge von 10 Proz., neben Argon bei 0,58 mm Druck in einer solchen von 25 Proz. vorhanden ist (vergl. auch E. Wiedemann, a. a. O.)

Nun hat Dewar[1]) vor kurzem gefunden, daß Kohle — am besten die von Kokosnußschale — bei der Temperatur der flüssigen Luft so gierig Gase absorbiert, daß man mit Hilfe dieser Eigenschaft einen abgeschlossenen Gasraum von bestimmter Größe bis zum Vakuum des Kathodenlichtes evakuieren kann. Indessen ist das Absorptionsvermögen der Kohle den verschiedenen Gasen gegenüber nicht gleich groß und gerade Helium wird im Vergleich zu Wasserstoff, Stickstoff, Argon etc. nur in relativ geringer Menge von der Kohle aufgenommen. Evakuiert man nun einen Gasraum, der Helium im Vergleich zu den anderen Gasen nur in geringer Menge enthält, vermittels auf zirka $-180^0$ gekühlter Kohle, so können sich die Mengenverhältnisse durch die auswählende Absorption der Kohle so zugunsten des Heliums verschieben, daß es seiner Menge nach im Gasraum die anderen Gase überwiegt. Schon Dewar zeigte, daß sich auf diesem Wege Helium in Gemischen noch nachweisen läßt, wenn seine Menge auch nur $^1/_{1000}$ der gesamten Gasmenge beträgt. Auch bei den Gasen der Wiesbadener Thermalquellen gelang es so, das Helium in Erscheinung zu bringen und ich benützte die folgende apparative Anordnung:



Das mit zwei gut schließenden Hähnen versehene, nicht zu enge Glasrohr $AB$ ist an den Stellen $a$ und $b$ etwas verjüngt. An dieses wurden zwei Geißlersche Röhren und das Gefäß $C$ angeschmolzen. Letzteres enthielt frisch dargestellte Kokosnußkohle und konnte durch einen Hahn von der Röhre abgeschlossen werden.

Zunächst wurde bei geschlossenem Hahn 1 und geöffnetem Hahn 2 die Röhrenkombination mit einer Quecksilberluftpumpe, die an $B$ angeschlossen war, evakuiert. Dabei erhitzte ich die Geißlerschen Röhren fortwährend mit einer Bunsenflamme. Nachdem das Vakuum des

1) Aus den Sitzungsberichten der kaiserl. Akademie der Wissenschaften in Wien. Mathem.-naturw. Klasse.

2) Monatshefte für Chemie, **26**, 149, 1905.

3) Zeitschrift für angewandte Chemie, 1904, S. 1757; 1905, S. 1011, sowie Chemikerzeitung **21**, 220, 1906.

1) Comptes rendus 1904, ferner Wohl, Ber. d. d. chem. Ges., 1905, 4149, und Erdmann, ibid., S. 192, 1906.

Kathodenlichtes erreicht war, wurde Hahn 3 geschlossen und durch Hahn 1 vorsichtig und langsam Thermalquellengas eingelassen, das zunächst sorgfältig von Kohlensäure befreit und dann durch Schwefelsäure, Natronkalk und Phosphorpentoxyd scharf getrocknet war. Wieder wurde, nachdem Hahn 1 geschlossen und Hahn 3 geöffnet war, mit der Quecksilberluftpumpe bis zum Kathodenvakuum evakuiert und dieser Prozeß des Einlassens und Auspumpens von Thermalquellengas noch fünfmal wiederholt, wobei die Geißlerschen Röhren stets erhitzt wurden. Dann schmolz ich an *b* ab, füllte die Röhrenkombination unter geringem Überdruck mit Gas und schloß auch bei *a* durch Abschmelzen vom Gasometer ab. Nun wurde das Gefäß *C* mit flüssiger Luft gekühlt, während Hahn 2 geöffnet und ein Geißlerrohr mit einem Induktionsapparat und dem Spektralapparat verbunden war. Allmählich zeigte sich das Spektrum des Stickstoffs, Argons und Wasserstoffs, während von Helium noch nichts zu sehen war. Bald aber verlor sich das Spektrum des Stickstoffs ganz und das des Argons und Wasserstoffs verblaßte mehr und mehr. Damit begann fast an der gleichen Stelle des Spektralapparates, wo sich gegebenenfalls die Natriumlinie befindet, eine helle Linie aufzublitzen, die sich mehr und mehr verstärkte. Im Laufe weniger Minuten entwickelte sich nun ein Spektrum zu voller Stärke, das schon äußerlich dem des Heliums völlig glich und beim Vergleich mit dem Spektrum eines Heliumrohrs völlige Identität mit diesem zeigte. Damit ist auch Helium mit Sicherheit in den Thermalquellen Wiesbadens nachgewiesen.

Es wurde auch versucht, die durch flüssige Luft kondensierte Emanation in die Geißlerschen Röhren einzufüllen, indessen bisher ohne vollen Erfolg. Doch werden weitere diesbezügliche Versuche ausgeführt.

Die Radioaktivität des Wassers der Thermalquellen wurde früher so von mir bestimmt, daß ich das Wasser auskochte, die entweichenden Gase auffing, in den Elektrometerraum brachte und ihren Voltabfall in bestimmter Zeit feststellte. Diese Methode war mit augenfälligen Fehlerquellen behaftet und ich sprach das damals auch aus mit den Worten: „Diese Methode macht noch keineswegs Anspruch auf Vollendung. Ich bin mir ihrer Schwächen wohl bewußt und hoffe, sie noch zu weit höherem Grade von Genauigkeit ausbilden zu können. Da indessen alle Operationen ganz gleichartig und mit den gleichen Mengen bei den verschiedenen Wassern ausgeführt wurden, so sind die Resultate doch untereinander vergleichbar. Wenn einmal eine völlige Einigung über die Art der Untersuchung der Radioaktivität erfolgt ist, werden die Werte von neuem bestimmt."

Diese Einigung ist inzwischen in den Hauptpunkten erreicht worden. Die Methode, mit der im Wasser gelösten Emanation ein bestimmtes Volumen Luft zu aktivieren und dessen Aktivität zu messen, ist inzwischen durch die Untersuchungen von Mache[1]) und seinem Mitarbeiter, sowie von Engler und Sieveking[2]) zu solcher Genauigkeit und Bequemlichkeit ausgebildet worden, daß die Methode des Auskochens dagegen zurückstehen muß. Ich fand das sogenannte Fontaktoskop von Engler und Sieveking als ungemein handlich und praktisch und habe deshalb die neuen Bestimmungen mit ihm ausgeführt. Die Einzelheiten müssen l. c. nachgelesen werden. Stets kam 1 l Wasser zur Untersuchung und den Voltabfall, der durch die in ihm enthaltene Emanationsmenge bewirkt wird, bezog ich auf eine Stunde. Dabei wurden die von Mache eingeführten Korrekturen angebracht, die sich auf die nach dem Durchschütteln mit einem bestimmten Volumen Luft im Wasser verbleibende Emanation und auf die Induktion des Gefäßes bezogen. Um die so erhaltenen Resultate auch mit denen vergleichen zu können, die mit Apparaten anderer Kapazität an anderen Orten erhalten wurden, schlug Mache, l. c., vor, die Beobachtungen des Voltabfalls für 1 l Wasser und 1 Stunde auf die Sättigungsstromstärke $i$ in absoluten elektrostatischen Einheiten umzurechnen. Der tausendfache Betrag von $i$ gibt dann bequeme und übersichtliche Zahlen. Die Kapazität des Fontaktoskops betrug 17,7 cm. Damit ist die folgende Tabelle ohne weiteres verständlich.

| | | Voltabfall pro 1 $l$ in 1 Stunde | | $i \cdot 10^3$ in E.S.E. | | Temp. in °C |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Aug. 1906 | Jan. 1907 | Aug. 1906 | Jan. 1907 | |
| Quellen der Quellenspalte | Kochbrunnen | 75 | 65 | 1,23 | 1,06 | 68 |
| | Spiegelquelle[3]) | 48 | — | 0,79 | — | 66 |
| | Adlerquelle | 39 | 43 | 0,64 | 0,70 | 64 |
| | Schützenhofquelle | 477 | 339 | 7,82 | 5,56 | 50 |
| | Faulbrunnen | 56 | — | 0,92 | — | 14 |
| Bäckerbrunnen | | 57 | — | 0,93 | — | 56 |
| Quelle des Herrn Dr. Kurtz[4]) | | 729 | — | 11,95 | — | 42(?) |
| „ „ Schwarzen Bockes[5]) | | 234 | — | 3,84 | — | 59 |
| „ „ Pariserhofes | | 209 | — | 3,42 | — | 58 |
| Leitungswasser d. Laboratoriums | | 52 | — | 0,85 | — | — |

Die ersten Ablesungen wurden stets 30′ nach der Entnahme des Wassers gemacht.

1) Monatshefte für Chemie **26**, 349, 1905; Mache und St. Meyer, ibid., S. 595 und 891.

2) Diese Zeitschr. **6**, 700, 1905; Zeitschrift für Elektrochemie, 1905, S. 714.

3) Da diese Quelle selbst nicht zugänglich ist, konnte das Wasser erst in einer Entfernung von zirka 100 m vom Ursprung entnommen werden.

4) Die starke Aktivität dieser Quelle wurde bereits vor zwei Jahren von Herrn Professor A. Schmidt in Wiesbaden entdeckt. Vergl. diese Zeitschr., **6**, 34, 402, 1905.

5) Gemeinsame Quelle der Badhäuser Schwarzer Bock, Drei Lilien und Vier Jahreszeiten.

Wie damals, so zeigte sich auch jetzt, daß von den drei Hauptquellen die Schützenhofquelle die am stärksten, die Adlerquelle die am schwächsten radioaktive ist, während der Kochbrunnen in der Mitte steht. Schon früher fanden Engler und Sieveking, daß die Aktivität einiger Quellen von Baden-Baden starken Schwankungen unterworfen ist. So betrug der Wert von $i \cdot 10^3$ bei der Büttquelle einmal 82, ein anderes Mal, bei geringem Wasserzulauf, 109. Ähnliche Beobachtungen machte ich bei den Wiesbadener Thermalquellen. Die Schützenhofquelle z. B. ergab an verschiedenen Tagen folgende Werte von $i \cdot 10^3$: 7.82, 6.64, 7.05. Kleiner scheinen die Schwankungen beim Leitungswasser zu sein, wo an zwei verschiedenen Tagen $i \cdot 10^3 = 0{,}85$ und 0,82 gefunden wurde. Durch welche Ursachen diese Schwankungen bedingt sind, konnte bisher noch nicht festgestellt werden. Jedenfalls muß das Wasser der Quellen zu verschiedenen Jahreszeiten, bei wechselndem Barometerstand, bei regnerischem, schönem Wetter etc. untersucht werden.

Erlangen, Chem. Laboratorium der Universität.

(Eingegangen 22. Januar 1907.)

## Über das Verhalten dünner Aluminiumfolie in einem elektrostatischen Felde.

Von E. Bandl.

Zunächst muß ich vorausschicken, daß die im folgenden darzustellenden Versuchsergebnisse, welche mit den von Herrn J. R. Januszkiewicz in dieser Zeitschrift **6**, 531, 1905, veröffentlichten Beobachtungen einigermaßen verwandt sind, von mir bereits vor mehreren Jahren gewonnen wurden.

Ich glaube jedoch den Umstand, daß ich erst so spät nach dem Erscheinen der vorerwähnten Studie (in welchem Zeitpunkte meine Versuche schon lange abgeschlossen waren), an die schriftliche Bearbeitung meiner Beobachtungen gehe, genügend rechtfertigen zu können, wenn ich betone, daß mich bis nun lediglich meine ganz konträren Berufsgeschäfte verhindert haben, eine Publikation der Versuche zu unternehmen. Und gegenwärtig hat mich zu diesem Schritte nur die Erwägung bestimmt, daß durch das lange Warten das Interesse an diesen Versuchen nur an Bedeutung verlieren müsse.

Schließlich muß ich noch bemerken, daß meine Darstellung nur von jenen Ergebnissen handeln wird, welche ich in der erwähnten Zeit, d. i. etwa vor 4 Jahren, erhalten habe. Inzwischen hatte ich nicht die Gelegenheit, diese meine Versuche einer nennenswerten Vervollkommnung zuzuführen.

Bringt man zwischen die beiden Kugelpole einer in Funktion befindlichen Wimshurst-Maschine ein kleines Stück Aluminiumfolie, so wird man bald bemerken, daß dieses Metallblättchen im Polfelde der Influenzmaschine vollkommen frei schwebt. Natürlich erfordert das Gelingen des Versuches ein gewisses Maß von Geduld und Geschicklichkeit. Bisweilen wird es sogar möglich sein, daß mehrere, 2—3 Folienstücke in das zwischen den Polkugeln befindliche Feld eingeführt werden können, die dann alle getrennt oder miteinander verkettet in der Luft schweben.

Man soll bei diesen Versuchen stets darauf bedacht sein, daß die Konduktoren der Maschine den störenden Einflüssen der übrigen Apparatteile möglichst entzogen seien, und es soll auch keiner der beiden Pole einen irgendwie gearteten, irregulären Spannungsverlust erleiden, wie dies z. B. durch eine Berührung mit der Hand oder durch Anhaften von Staubteilchen aus der Luft eintreten kann.

Bei konstanter Rotation der Maschine führt die schwebende Folie verschiedene langsame Bewegungen aus, bisweilen beobachtet man ein schwaches Vibrieren.

Im abgedunkelten Raume nimmt man meist Funkenfäden wahr, welche das Metallblättchen mit einer oder beiden Polkugeln verbinden.

Setzt die Funktion der Maschine aus, so ändert sich, falls man mit eingeschalteten Kondensatoren arbeitet, für kurze Zeit nichts an der Erscheinung; erst allmählich wird das freischwebende Blättchen unruhig und beginnt zwischen beiden Kugeln mit zunehmender Geschwindigkeit und Amplitude zu oszillieren. Dieser Vorgang währt nur so lange, als die Kondensatorladung reicht; ist diese einmal verbraucht, so wird das Blättchen häufig aus dem Polfelde herausgeschleudert; seltener tritt der Fall ein, daß sich die Folie an eine Kugel anheftet.

Wurde das Blättchen abgeschleudert, so kann ein unmittelbar darauf folgender Antrieb der Maschine dasselbe wieder in das elektrische Kraftfeld hineinziehen und dort von neuem in der geschilderten Art fixieren.

Eine stichhaltige Erklärung des ganzen Phänomens des Freischwebens läßt sich nicht leicht geben.

Annähernd könnte man sich den Hergang folgendermaßen vorstellen: Durch Spitzenwirkung wird die Folie von den beiden Kugeln alternierend geladen und entladen, wobei sie dann stets den korrespondierenden Anziehungs- resp. Abstoßungskräften der beiden Pole unterliegt. Das Metallblättchen gerät also, der Raschheit des Richtungswechsels der Ladung entsprechend, in longitudinale Vibrationen, deren Amplitude durch den verhältnismäßig großen

mechanischen Luftwiderstand sehr stark gedämpft wird. Bei genügend hoher elektrischer Spannung kann dieser erwähnte Richtungswechsel so rasch aufeinanderfolgen, daß die durch ihn verursachten Vibrationen mit dem Auge nicht mehr wahrgenommen werden können, teils wegen ihrer außerordentlich starken Dämpfung, teils wegen der hohen Frequenz. Sobald dieser Zustand erreicht ist, hat es den Anschein, wie wenn die Folie im elektrischen Felde ganz ruhig wäre.

Eine andere, von mir an einem Radiatormodell gelegentlich gemachte Beobachtung dürfte die eben besprochene Auffassung zumindest plausibel erscheinen lassen.

Wenn man zwischen zwei in Leinöl getauchte, an eine Influenzmaschine angeschlossene Metallkugeln ein kleines Stück eines sehr dünnen Metallfadens bringt, so zeigt dieser letztere im elektrischen Felde ein ähnliches Verhalten wie vorbenannte Aluminiumfolie. Nur der eine Unterschied besteht hier, daß nämlich, vielleicht infolge der größeren Masse des Metallspans, dessen Vibrationen meist recht deutlich wahrzunehmen sind. Wenn die Ladung der Kugeln eine gewisse Grenze überschreitet, so erfolgt dann im Öl unter Vermittlung des gleichsam eine schwebende Brücke bildenden Metallfadens der Funkenausgleich. Unmittelbar vor einer solchen Entladung ist meist die erwähnte Vibration am stärksten.

Hier ist die Wirkung des mechanischen Widerstandes der zähen Ölflüssigkeit leicht zu erkennen.

Wie bereits früher erwähnt wurde, ist für das Zustandekommen der Schwebeerscheinungen der Aluminiumfolie ein möglichst regelmäßiges und konstantes elektrostatisches Feld notwendig. Nur dann befindet sich das Metallblättchen in der Funkenbahn zugleich auch in seiner Gleichgewichtslage. Sobald das Polfeld eine einseitige Störung erleidet, wie etwa durch Ableitung des einen Konduktors, so erscheint auch die Folie nicht mehr im Gleichgewichte, was durch unregelmäßige Schwankungen und selbst durch Abschleudern zum Ausdrucke kommt. Dieses letztere Verhalten des Metallblättchens dürfte darauf hindeuten, daß das elektrostatische Feld an sich die ganze Schwebeerscheinung hervorbringt. Vermutlicherweise kommen hier verschiedene, noch nicht näher bekannte elektrostatische Druckwirkungen zur Geltung. Der oben beschriebene Erklärungsversuch auf Grund der Spitzenwirkung muß ja nicht unbedingt der allein mögliche sein. Wir werden später noch auf Phänomene zu sprechen kommen, die sich mit dieser letztgenannten Hypothese auch nicht nur annähernd erklären lassen.

Schon bei diesen primitiven Experimenten, wo Metallfolie mit vorwiegend ebenen Flächen in Verwendung kam, zeigte sich, daß die Form der jeweilig benutzten Blättchen auf den ganzen Charakter der Erscheinung von bestimmendem Einfluß war.

Wenn man nun das mehr oder weniger ebene Metallblatt speziell deformiert, z. B. durch leichtes Zerdrücken zwischen den Fingern, so werden die Schwebezustände einer solchen Folie sofort komplizierter. Es treten ganz neue Bewegungskomponenten auf, die bei der ebenen Folie nicht beobachtet werden. Hier ist vor allem der Umstand charakteristisch, daß das Blättchen in den meisten Fällen eigene Achsenrotation bekommt. Die normale Erscheinung ist hierbei folgende:

Die Folie schwebt nicht mehr zwischen beiden Kugeln, sondern hält sich speziell bei einer derselben auf, und zwar meist in der Nähe der oberen Polkappe. Der Abstand von der Kugeloberfläche variiert vielfach; gewöhnlich ist die wie ein Kreisel rotierende Folie 4—5 mm vom betreffenden Konduktor entfernt, fast immer jedoch durch Funkenfäden mit demselben verbunden. Je näher dieser elektrische Kreisel der Kugel steht, desto rascher ist in der Regel auch die Rotation. Bei besonders intensiver Funktion der Maschine hebt sich hingegen die Folie oft in bedeutende Höhe, ohne im entsprechenden Verhältnisse an Umdrehungsgeschwindigkeit einzubüßen.

Der größte von mir beobachtete Kugelabstand betrug beiläufig 3—4 cm; in einem solchen Falle war jedoch die Rotation eine sehr langsame und vollzog sich auch nicht gleichmäßig, sondern stoßweise.

Es muß noch hervorgehoben werden, daß alle diese letzterwähnten Erscheinungen von einem starken elektrischen Winde begleitet waren, der in Wirbelform von dem rotierenden Blättchen ausströmte.

Mit dem an einer Konduktorkugel einmal befindlichen elektrischen Kreisel lassen sich nun noch weitere, sehr interessante Versuche anstellen. Zu diesem Zwecke trachtet man, die zweite Kugel möglichst weit von der ersten zu entfernen und eventuell auch abzuleiten, so daß nur ein unipolares Feld übrig bleibt. In einem solchen Falle erhält die schwebende, in Achsenrotation begriffene Folie noch eine weitere Bewegung: der Kreisel wandert einen großen Teil der Kugeloberfläche (natürlich meist in einiger Distanz von letzterer) ab, wobei er mit seiner Basis die verschiedensten Kurven beschreibt. Im abgedunkelten Raume erscheinen dann dieselben als leuchtende Linien auf die Oberfläche der betreffenden Polkugel projiziert.

Diese Sekundärbewegung der rotierenden Folie muß nicht gerade durchwegs elektrischen

Ursprunges sein. Bei raschem Gang der Maschine kommt es häufig vor, daß die an den Zuleitungsstangen befestigten Konduktorkugeln vibrieren; in einem solchen Falle muß der Kreisel, wenn er vermöge seiner Trägheit die einmal innegehabte Stellung behauptet, an der bewegten Unterlage Linien darstellen, die dem Zittern der Kugel entsprechen. Eine derartige mechanische Erklärung der erwähnten Sekundärbewegungen wird jedoch nur dann zulässig sein, wenn sich letztere in relativ kleinen Dimensionen vollziehen. Wenn die rotierende Folie, was nicht selten vorkommt, ziemlich große Strecken durchmißt, so wird man einen solchen Vorgang nicht mehr aus zufälligen Vibrationen des Konduktors ableiten können. Hier müssen lediglich elektrostatische Einflüsse ausschlaggebend sein. Wenn sich ein solcher, mit Sekundärbewegung ausgestatteter elektrischer Kreisel infolge gesteigerter Aktion der Influenzmaschine von der Kugeloberfläche mehr entfernt, so bildet er, im Dunkeln beobachtet, an seiner Basis eine Funkenröhre, deren Querschnitt die betreffende Kurve darstellt.

Im Finstern erscheint überhaupt die ganze Folie leuchtend; es zeigen sich die verschiedensten Rotationsfiguren, die teils von der Achsendrehung, teils von der Sekundärbewegung des Metallblättchens herrühren. Je komplizierter die Gestalt der verwendeten Folie ist, desto schöner werden auch diese Rotationsbilder.

Wenn die von der rotierenden Folie durchmessenen Strecken sich aus irgendeinem Umstande bedeutend vergrößern, so wird die ganze Bewegung meist unregelmäßig. Der Kreisel wandert einmal in die Polnähe der Konduktorkugel, dann wieder in die Gegend des Äquators usf. Teilweise kann man dieses Herumwandern mit einem genäherten Leiter, der auch ein Finger sein darf, nach Belieben dirigieren. Gelingt es hierbei, das Metallblättchen längere Zeit am Äquator der Kugel oder unter derselben, an der Zuleitungsstange, zu erhalten, so kommt meist noch eine neue Variation des Phänomens zustande:

Die Folie beginnt plötzlich, den Äquator oder sonst einen größeren Kugelkreis des Konduktors, resp. die Zuleitungsstange selbst in einem gewissen, nicht unbeträchtlichen Abstande mit mäßiger Geschwindigkeit regelrecht zu umkreisen.

Falls das Metallblättchen um die Konduktorkugel selbst rotiert, so zeichnet sich die Bahn genau als leuchtende Linie ab, welche nicht immer in einer ebenen, sondern vielfach in einer wellenförmigen Fläche liegt; ein Beweis, daß die Bahnebene öfters ihre Lage zum eigentlichen Kugeläquator ändert.

Sobald die Folie mit einer solchen Umkreisung beginnt, hört die Rotation um ihre eigene Achse in der Regel auf, oder sie wird in ihrer Geschwindigkeit doch bedeutend reduziert. Die Eigenrotation bleibt häufiger dann bestehen, wenn die Umkreisung sich nicht am Äquator selbst abspielt, sondern etwas mehr in der Polnähe.

Ich habe jedoch auch Fälle beobachtet, wo trotz äquatorialer Umkreisung die Achsenrotation noch deutlich zu erkennen war.

Die Phänomene letzterer Art rechne ich zu den interessantesten Versuchsergebnissen auf diesem Gebiete.

Meiner Ansicht nach erscheint es nicht erzwungen, wenn man in diesen kombinierten Rotationsvorgängen eine gewisse Ähnlichkeit mit einem kosmischen Planeten- resp. Sonnensystem erblicken will. Diese Ähnlichkeit kann natürlich nur eine sehr entfernte sein, da die rotierende und kreisende Folie, wie später gezeigt werden soll, sich in ihrem Verhalten vielfach sehr wesentlich von einem Planeten unterscheidet.

Es kann nur das eine zugegeben werden, daß wir es in unserem Falle auch mit einem als Energiequelle wirksamen Zentralkörper, der Konduktorkugel, zu tun haben, welcher von einem zweiten, dem Stoffe nach verwandten Gebilde umkreist wird; letzteres besitzt bisweilen sogar Achsenrotation. Die Energie für die Umkreisung, wie auch für die eventuelle Eigenrotation wird ausschließlich vom Zentralkörper geliefert; das zweite Gebilde ist sonach vom ersten dynamisch vollkommen abhängig.

Soweit geht die Analogie mit dem kosmischen System.

Betrachten wir nun die Unterschiede:

Da ergibt sich vor allem der auffallende Umstand, daß bei den beschriebenen elektrischen Phänomenen die Stellung der Rotationsachse (wenn von einer Eigenrotation in letztgenannten Falle überhaupt die Rede sein kann) zur Bahnebene eine ganz andere ist als bei einem Planeten. Beim kosmischen System haben wir stets den gewissen Neigungswinkel, während hier im Falle der äquatorialen Umkreisung die Rotationsachse ganz in die Bahnebene hineinfällt, nachdem erstere vermöge des elektrostatischen Einflusses immer eine zur Konduktorkugel radiale (zentrale) Richtung annehmen muß.

Wenn sich die Umkreisung nicht am Äquator, sondern mehr in der Polnähe, d. i. also an einem kleineren Parallelkreis der Kugel abspielt, so ist dann natürlich die Lage der Bahnebene eine andere und es muß die Rotationsachse mit der letzteren einen Winkel einschließen. In einem solchen Falle ist die Analogie mit der Planetenbewegung teilweise größer, andererseits

aber auch kleiner, da ja die Umkreisung, soweit sie nicht den Äquator betrifft, nicht mehr als reine Zentralbewegung bezeichnet werden kann.

Noch weitere Verschiedenheiten ergeben sich aus der Tatsache, daß die kombinierten Rotationserscheinungen bei der Aluminiumfolie oft sehr große Unregelmäßigkeiten erleiden, deren Ursache nicht ohne weiteres festzustellen ist. Es kommen sogar Wechsel in der Umkreisungs- respektiv Rotationsrichtung recht häufig vor.

Es würde zuweit führen, hier auf eine detaillierte Analyse der gesamten Bewegungsarten dieser elektrischen Kreisel einzugehen. Aus dem Vorbesagten soll nur das eine resumiert werden, daß nämlich die zentrale Richtung der Rotationsachse ein charakteristisches Merkmal für den Umstand zu sein scheint, daß die betreffenden Vorgänge elektrischer Natur seien. Wenn dieses letztgenannte Kriterium wirklich zutreffen sollte, dann könnten vielleicht anderseits auch manche planetarischen Vorgänge und Störungen, wie Achsenschwankungen etc., die nicht unmittelbar auf Gravitationswirkung beruhen müssen, eine neue Deutung erfahren.

Bis jetzt habe ich eine Erklärung der zuletzt besprochenen Versuchsergebnisse noch gar nicht unternommen. Wenn sich die Kreiselbewegung der deformierten Metallfolie gerade noch auf das Prinzip des elektrischen Flugrades zurückführen läßt, die Frage des Zustandekommens der Umkreisung muß kinematisch als völlig ungelöst betrachtet werden.

Es wäre hierbei vor allem zu ergründen, woher der stets sich erneuernde tangentiale Impuls komme, der als Voraussetzung für die Zentralbewegung angesehen werden muß. Daß derselbe auch nur wieder elektrischer Natur sein könne, dürfte wohl keinem Zweifel unterliegen.

Zara in Dalmatien, Januar 1907.

(Eingegangen 18. Januar 1907.)

## Über eine Fundamentalfrage der Elektrooptik.

### Erwiderung auf die Bemerkungen des Herrn W. Voigt.[1])

Von G. Aeckerlein.

Herr Voigt glaubt aus meiner Arbeit[2]) den Anspruch meinerseits herauszulesen, daß ich die Fundamentalfrage der Elektrooptik, betreffend den Einfluß eines elektrischen Feldes auf die Fortpflanzung des Lichtes, zu einer endgültigen Entscheidung geführt hätte. Obwohl davon in meiner Arbeit nirgends die Rede ist, möchte ich doch ausdrücklich hervorheben, daß ich mir wohl bewußt gewesen bin, daß meine Resultate keine Entscheidung liefern über den Mechanismus der Einwirkung eines Feldes auf die Lichtschwingungen. Ob diese Einwirkung eine direkte oder eine durch materielle Veränderungen, wie Elektrostriktion, vermittelte, indirekte ist, bleibt noch völlig dahingestellt. Daß Erscheinungen wie die Elektrostriktion möglicherweise eine wesentliche Rolle bei dem Phänomen spielen, konnte mir um so weniger entgehen, als schon Pockels in der früher von mir zitierten Arbeit[1]) besonders hierauf hingewiesen hat. Auch von der „Unhaltbarkeit" der bestehenden speziellen Theorien ist in meiner Arbeit keine Rede. Ich habe nur konstatiert, daß diese Theorien, welche bloß einen Teil der elektrischen Einwirkung auf die Lichtbewegung behandeln, für meine Versuche keine auch nur angenäherte Erklärung liefern.

Dagegen ergeben sich aus den erwähnten Theorien zusammen mit der Theorie der Elektrostriktion Konsequenzen, deren Stichhaltigkeit man nicht anerkennen kann, bevor sie an der Erfahrung geprüft ist.

Angenommen, das elektrische Feld bewirke eine Veränderung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes erstens direkt, und zwar nach den erwähnten speziellen Theorien für Schwingungen parallel und senkrecht zu den Kraftlinien im gleichen Sinne und im Zahlenverhältnisse 3 : 1. Zweitens wirke das Feld indirekt, durch Elektrostriktion der Materie, auf die Geschwindigkeit des Lichtes ein, so wie es die Theorie der Elektrostriktion[2]) ergibt. Nach dieser Theorie tritt in einer Flüssigkeit ein allseitiger hydrostatischer Druck vom Betrage

$$\frac{1}{2}\alpha E^2$$

auf, wo $E$ die elektrische Feldstärke ist, und $\alpha$ mit der Dielektrizitätskonstanten $K$ der Flüssigkeit durch die Beziehung verknüpft ist

$$K = K^0 - 4\pi\alpha \cdot \Theta.$$

Hier ist $K^0$ die Dielektrizitätskonstante der Flüssigkeit außerhalb des Feldes, $\Theta$ die räumliche Dilatation.

Die Gesamtwirkung des Feldes setze sich aus der direkten und aus der indirekten zusammen.

Nach Kerr[3]) ist nun für Schwefelkohlenstoff die Gesamtwirkung des Feldes auf Lichtschwingungen senkrecht zu den Kraftlinien null, auf Schwingungen parallel zu den Kraftlinien

1) W. Voigt, diese Zeitschr. **7**, 811, 1906.
2) G. Aeckerlein, diese Zeitschr. **7**, 594, 1906.

1) F. Pockels, Gött. Nachr. 1896, S. 102.
2) Siehe z. B. F. Pockels, Gruneits Archiv für Mathematik u. Physik (2) **12**, 57, 1894.
3) J. Kerr, Phil. Mag. **37**, 380, 1894.

eine Verzögerung. Die Gesamtwirkung null ist also die Resultierende der einander kompensierenden direkten und indirekten Feldwirkung. Demnach muß die direkte Wirkung in einer Verzögerung bestehen, die indirekte in einer Beschleunigung (die Richtigkeit der oben erwähnten speziellen Theorien vorausgesetzt). Nun bewirkt nach Röntgen und Zehnder[1]) hydrostatischer Druck in allen untersuchten Flüssigkeiten, worunter auch Schwefelkohlenstoff, eine Vergrößerung des Brechungsexponenten, d. h. Verzögerung des Lichts; umgekehrt also entspricht einer Lichtbeschleunigung Dilatation. In Schwefelkohlenstoff muß daher die Elektrostriktion in einer Dilatation der Flüssigkeit bestehen. Das heißt aber: das $\alpha$ obiger Ausdrücke muß für Schwefelkohlenstoff negativ sein, und die Dielektrizitätskonstante muß bei Dilatation zunehmen, bei Kompression abnehmen.

Dies ist die notwendige Konsequenz aus der erwähnten speziellen Theorie und aus der Erfahrung. Hiernach ist eine experimentelle Prüfung der Theorie in verhältnismäßig einfacher Weise durch einen bloß qualitativen Versuch möglich. Indessen läßt sich von vornherein so viel sagen, daß diese Prüfung zu ungunsten der Theorie ausfallen wird, es müßte denn sein, daß die Dielektrizitätskonstante des Schwefelkohlenstoffs durch Kompression kleiner wird.

1) W. C. Röntgen u. L. Zehnder, Wied. Ann. **44**, 24, 1891.

Straßburg, Physikalisches Institut, 7. Januar 1907.

(Eingegangen 18. Januar 1907.)

## Über neue Methoden der elektrischen Fernphotographie.

Von A. Korn.

Meine frühere Methode der elektrischen Fernphotographie, bei welcher im Empfänger als Lichtquelle die Strahlungen einer evakuierten Röhre verwandt wurden, und über die ich in dieser Zeitschrift vor 3 Jahren berichtet habe[1]), litt noch an 2 Mängeln: Einmal verhinderte die Trägheit des Zeigergalvanometers im Empfänger, das die Lichtstärken durch die Intensitäten der Linienströme regulierte, die Verkürzung der Übertragungszeiten, andererseits gab die Trägheit der Selenzellen zu gröberen Fehlern Anlaß, die sich in den Fernbildern oft recht unangenehm bemerkbar machten und die Tönungen verwischten. Eine Verbesserung der Bilder konnte nur erreicht werden, wenn man diesen beiden Schwierigkeiten zu gleicher Zeit entgegentreten konnte; dieser Zweck wurde erreicht durch die Verwendung der beiden neuen Apparate, welche ich in dem ersten Hefte dieses Jahrgangs beschrieben habe, das Lichtrelais und den Selenkompensator.[1]) In diesem Artikel will ich nun die Neuanordnung der elektrischen Fernphotographie näher darlegen.

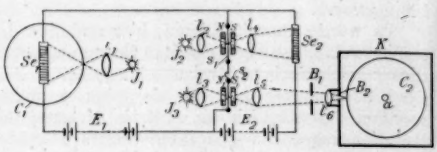



Fig. 1.

Das Prinzip des Gebers hat sich nicht wesentlich verändert; die zu übertragende Photographie wird als transparenter Film auf einen Glaszylinder $C_1$ aufgewickelt und das Licht einer Lichtquelle (bei uns einer Nernstlampe) $J_1$ mittels einer Sammellinse $l_1$ auf ein Element der Photographie konzentriert; das Licht durchdringt den Film und den Glaszylinder und fällt auf eine Selenzelle $Se_1$, welche auf diese Weise mehr oder weniger Licht erhält, je nachdem die von dem Lichtkegel durchdrungene Stelle der Photographie heller oder weniger hell getönt ist. Bei der früheren Anordnung war die Achse des Zylinders $C_1$ horizontal; jetzt wähle ich immer die Achse des Zylinders vertikal und ordne die Selenzelle am Boden an; das Licht wird durch ein im Innern des Zylinders befindliches total reflektierendes Prisma abgelenkt und auf die am Boden liegende Zelle ausgebreitet. Durch die Selenzelle $Se_1$ wird ein der Akkumulatorenbatterie $E_1$ entnommener Strom durch die Fernleitung zum Empfänger gesandt, und dieser Strom wird bei der soeben beschriebenen Anordnung um so größer sein, je heller die Photographie an der von dem Lichtbündel durchdrungenen Stelle ist. Um sukzessive alle Stellen der Photographie in dieser Weise abzutasten, ist der Zylinder drehbar eingerichtet, und mit Hilfe eines Schraubengewindes auf der Achse so, daß er sich nach jeder Umdrehung um 1 mm in der Richtung seiner Achse verschiebt.[2]) Der Ra-

1) Diese Zeitschr. **5**, 113, 1904.

1) Ib. **8**, 18—20, 1907.

2) Bei den bisherigen Apparaten kann man die Höhe des Schraubenganges nach Belieben zu 1 mm oder 2 mm wählen, im Empfänger zu ½ mm oder 1 mm (die Bilder werden im Empfänger im Verhältnis 1 : 2 verkleinert); für spätere Apparate, welche auch zur Reproduktion von Landschaften und Situationen verwendet werden sollen, sind noch kleinere Steighöhen (engere Raster) in Aussicht genommen.

dius des Gebezylinders ist bei den letzten Apparaten 8 cm, die Länge ca. 15 cm, so daß der Gebezylinder für Photographien im Formate 13×24 cm geeignet ist.

Es handelt sich nun darum, am Empfangsorte mit Hilfe der graduierten vom Geber ankommenden Ströme das Bild des Gebers zu reproduzieren. Man denke sich in dem lichtdichten Kasten $K$, in den nur durch die winzige Öffnung $B_2$ Licht gelangen kann, einen Zylinder $C_2$ um die Achse $a$ synchron mit dem Gebezylinder rotierend; auf die Synchronismuseinrichtung ist in der Fig. 1 noch keine Rücksicht genommen, diese ist genau dieselbe geblieben, wie ich sie früher beschrieben habe [1]), und wird durch die weiter unten folgende Fig. 2 näher erläutert.

Der Aufnahmefilm wird auf den Zylinder $C_2$ aufgewickelt, und es wird in jedem Momente ein Element des Films durch die Blende $B_2$ von einem Lichtrelais belichtet, wie es von mir vor kurzem [2]) beschrieben wurde. Zwischen den Polen $N_1 S_1$ eines Elektromagneten sind zwei Kupferfäden gespannt, auf welche ein kleines Aluminiumblättchen geklebt ist; das Licht einer Nernstlampe $\mathcal{L}_3$ wird mittels einer Linse $l_3$ auf das Blättchen konzentriert, es durchdringt die Polschuhe des Magneten durch 2 kreisrunde Öffnungen und entwirft mittels der Linse $l_5$ ein reelles Bild des Aluminiumblättchens auf dem mit einer Öffnung versehenen Schirme $B_1$, und zwar so, daß das reelle Bild des Blättchens in der Ruhelage grade die Öffnung verdeckt, während bei einer Ablenkung des Blättchens ein größerer bezw. kleinerer Teil der Öffnung frei wird und das Licht der Lampe $l_3$ hindurchläßt, das nun schließlich, durch die Linse $l_5$ gesammelt, durch die Blende $B_2$ hindurch nur ein sehr kleines Element des Aufnahmefilms um so mehr belichtet, je größer die Ablenkung des Aluminiumblättchens ist. Um das Originalbild des Gebers auf dem Aufnahmefilm zu reproduzieren, handelt es sich um zweierlei, einmal darum, daß die Ablenkung des Aluminiumblättchens den auf $Se_1$ im Geber fallenden Lichtstärken proportional ist, und zweitens um den Synchronismus der beiden Zylinder $C_1$ und $C_2$. Würden wir einfach die zwischen $N_1 S_1$ gespannten Kupferfäden mit dem darauf geklebten Aluminiumblättchen durch die vom Geber kommenden Ströme ablenken lassen, so würden wir die unangenehmen Trägheitsfehler der Selenzelle $Se_1$ in den Fernbildern wiederfinden, und, um diese Fehler zu vermeiden, bedienen wir uns des Selenkompensators, indem wir im Empfänger die Batterie $E_2$ und die Selenzelle $Se_2$ in den Linienstrom einschalten und uns eine Wheatstonesche Brücke herstellen, deren eines Ende zwischen den beiden Batterien und deren anderes Ende zwischen den beiden Zellen liegt. Der Brückenstrom wird durch die beiden Saitengalvanometer hindurchgeleitet, welche aus je 2 Kupferfäden mit darauf geklebten Aluminiumblättchen bestehen und bezw. zwischen den Elektromagneten $N_1 S_1$ und $NS$ gespannt sind. Das letztere Saitengalvanometer regelt die Belichtungen der Selenzelle $Se_2$ in solcher Weise, daß der Brückenstrom in großer Annäherung den Belichtungen der Zelle $Se_1$ proportional wird, unter Hinweghebung der Trägheitsfehler der Selenzellen, wie ich dies früher beschrieben habe. [1])

Wenn nun aber der Brückenstrom den Belichtungen von $Se_1$ proportional ist, so gilt gleiches von den Ablenkungen des photographierenden Saitengalvanometers und somit auch von den Eindrücken, welche die Elemente des Aufnahmefilms erhalten.

Es handelt sich also schließlich nur noch um die Anordnung des Synchronismus der beiden Zylinder $C_1$ und $C_2$.

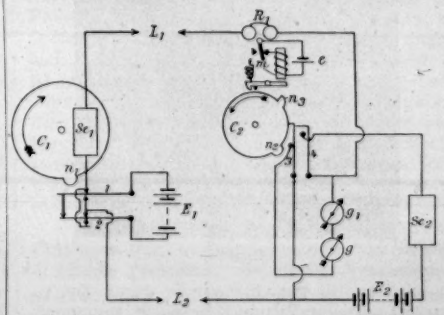



Fig. 2.

Die Synchronismuseinrichtung ist, wie wir bereits gemerkt haben, im Prinzip dieselbe geblieben, wie bei meinen früheren Apparaten; Fig. 2 zeigt, wie diese Synchronismuseinrichtungen in die neuen Schaltungen eingepaßt sind. Die Zylinder $C_1$ und $C_2$ werden durch je einen Elektromotor getrieben, welche auf bestimmte Tourenzahlen eingestellt sind [2]), und zwar rotiert die Empfangswalze $C_2$ etwas (1 Proz.) rascher, als die Gebewalze; sie muß daher nach jeder Umdrehung — durch ein in die Nase $n_3$ eingreifendes Häkchen — ein wenig, und zwar so lange aufgehalten werden, bis der Gebezylinder nachgekommen ist, was bei dem Passieren des Nockens $n_1$ des Gebezylinders

1) Diese Zeitschr. **5**, 25, 1904.
2) Ib. **8**, 18, 1907.

1) Diese Zeitschrift **8**, 19, 1907.
2) Man vgl. diese Zeitschrift **5**, 25, 1904.

an der Umschaltvorrichtung 1, 2 durch eine Umkehrung des Linienstromes und das dadurch hervorgerufene Abreißen des die Nase $n_3$ festhaltenden Relaishäkchens angezeigt wird.

In dem Momente, in welchem die Nase $n_3$ an dem sie festhaltenden Relaishäkchen anlangt, betätigt der Nocken $n_2$ die Ausschaltevorrichtung 3, 4; durch das Abheben der Federn 3, 4 wird die Batterie $E_2$, die Selenzelle $Se_2$, sowie die Galvanometer $g_1$ und $g$, das photographierende und das kompensierende Saitengalvanometer, ausgeschaltet, und der Empfänger ist für das Zeichen der Synchronismuskorrektur

Fernbild.

bereit. Dieses Zeichen erfolgt, wenn, wie bereits bemerkt, der Nocken $n_1$ des Gebezylinders die Umschaltvorrichtung 1, 2 passiert; in diesem Augenblick wird der der Batterie $E_1$ entnommene Strom umgekehrt, der Relaishebel des Relais $R_1$ aus der in der Figur gezeichneten Stellung in die entgegengesetzte Stellung übergeführt, dadurch der der kleinen Batterie $e$ entnommene Ruhestrom geöffnet, der Magnet $m$ außer Tätigkeit gesetzt, und das die Nase $n_3$ des Aufnahmezylinders festhaltende Relaishäkchen wird durch eine Feder abgerissen, so daß der Aufnahmezylinder weiter rotieren kann. Auf diese Weise werden etwaige kleine Synchronismusfehler nach jeder Umdrehung korrigiert.

Die nunmehr erzielten Fernbilder zeigen den Fortschritt, welcher durch den Selenkompensator erzielt worden ist; aber auch die Transmissionsgeschwindigkeit ist — dank den Eigenschaften der Saitengalvanometer — vergrößert; derartige Bilder — im Geber 13×24 cm, im Empfänger $6\frac{1}{2}$×12 cm — werden von den neuen Apparaten in ca. 12 Minuten hergestellt [1]), bei dem gröberen Raster — 2 mm Schraubenhöhe im Geber, 1 mm im Empfänger — schon in 6 Minuten, und es ist sehr wahrscheinlich, daß man die Transmissionsgeschwindigkeiten noch weiter vergrößern kann.

1) Die Widerstände der Fernleitungen können, bei Verwendung der hochwiderständigen Zellen von Giltay (Delft, Vorstraat 73), deren ich mich stets bei meinen neueren Versuchen bedient habe, außerordentlich groß sein; die Bilder würden über Fernleitungen von 10 000 Ω nahezu ebensogut gelingen, wie bei 5000 Ω Widerstand; dagegen muß auf gute Kontakte und gute Isolation der Leitungen sehr geachtet werden, und es kommen wohl für die Fernphotographie nur die Telephonleitungen und gut isolierten Kabel in Betracht.

München, Januar 1907.

(Eingegangen 12. Januar 1907.)

## Über die Licht- und Wärmeenergie von Glühlampen.

Von Johannes Russner.

Nachdem J. Thomson [1]) im Jahre 1865 einen ersten Versuch zur Bestimmung des mechanischen Äquivalents von Lichtquellen gemacht hatte, wurde von O. Tumlirz [2]) 1889 das mechanische Äquivalent unserer Lichteinheit, der Hefnerkerze, bestimmt, und zwar dadurch, daß die ultraroten Strahlen durch eine Wasserschicht absorbiert und so von den Lichtstrahlen getrennt wurden. Diese Methode gibt für die Lichtmenge zu hohe Werte, weil die dunklen Wärmestrahlen nur von einer sehr dicken Wasserschicht vollständig absorbiert werden und O. Tumlirz nur dünne Schichten anwendete. Aus diesem Grunde hat K. Ångström [3]) nach zwei anderen Methoden diese Frage zu lösen versucht. Als Mittel mehrerer Bestimmungen erhielt er, daß die Lichtstrahlung der Hefnerkerze nur 0,9 Proz. von der Gesamtstrahlung beträgt. Bei der Acetylenflamme erhielt er für dieses Verhältnis 5,5 Proz.

Im Jahre 1903 ließ E. Grimsehl [4]) eine elektrische Kohlenfaden-Glühlampe zuerst in reinem und dann in schwarz gefärbtem Wasser brennen. Wie O. Tumlirz, mußte auch Grimsehl für die Lichtmenge einen viel zu hohen Wert erhalten, weil eine etwa 20 mm dicke Wasserschicht noch sehr viel dunkle Wärmestrahlen hindurchläßt. E. Grimsehl

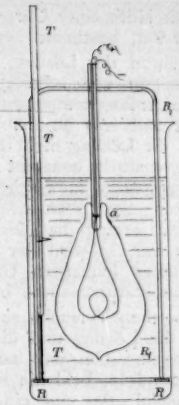
1) J. Thomson, Pogg. Ann. **125**, 348, 1865.
2) O. Tumlirz, Wied. Ann. **38**, 640, 1889.
3) K. Ångström, diese Zeitschr. **3**, 257, 1902.
4) E. Grimsehl, Z. f. d. physik. u. chem. Unterr. **16**, 210, 1903.

erhielt nach seinen Versuchen, daß in der genannten Glühlampe 8 bis 12 Proz. von der elektrischen Energie sich in Licht verwandelt.

So große Wassermengen, daß die dunklen Wärmestrahlen vollkommen absorbiert werden, kann man nicht anwenden, weil in diesem Falle die Temperatursteigerung durch Absorption nicht genau genug bestimmt werden kann. Da die Methode von Grimsehl einfach und für Unterrichtszwecke geeignet ist, habe ich mich nach einer Flüssigkeit umgesehen, welche die dunklen Wärmestrahlen besser als das Wasser absorbiert. Lösungen der Eisenoxydulsalze haben diese Eigenschaft und sind in dünnen Schichten fast farblos, lassen somit die Lichtstrahlen hindurch, während die dunklen Strahlen absorbiert werden. Am besten eignet sich hierzu ein Doppelsalz, das schwefelsaure Eisenoxydul-Ammoniak oder Ferro-Ammoniumsulfat ($FeSO_4(NH_4)_2SO_4 + 6H_2O$), welches im Handel zu haben ist. Diese Lösung ist anfangs trübe, weil sich durch den im Wasser enthaltenen Sauerstoff das Eisenoxydul in unlösliches Eisenoxyd verwandelt. Durch Zusetzen einiger Tropfen Schwefelsäure löst sich das Eisenoxyd und die Flüssigkeit wird klar. Gut ist es auch, wenn man dieselbe durch ein Filter fließen läßt. Durch Versuche mit einer Thermosäule nach Melloni (144 Elemente), einem Spiegelgalvanometer und einer Lösung von Jod in Schwefelkohlenstoff, ergab sich, daß eine 30proz. Lösung und 20 mm dick die dunklen Wärmestrahlen einer Glühlampe vollkommen absorbiert. Die genannte Jodlösung hat die Eigenschaft, die dunklen Strahlen gut durchzulassen und die Lichtstrahlen ganz zu absorbieren. Diese Lösung muß man vor die Thermosäule bringen, um die Wärmewirkung der Lichtstrahlen von derselben abzuhalten.

Betrachtet man mit Hilfe eines Spektrokops das Spektrum einer Glühlampe und setzt dann in den Weg der Strahlen ein parallelwandiges Gefäß mit der genannten Lösung, so findet man, daß das Spektrum nicht verändert wird, d. h. die Lösung absorbiert kein Licht. In dicken Schichten sieht diese Lösung grünlich aus, dicke Schichten absorbieren daher etwas Licht, und zwar das äußerste Rot.

Meine Versuchsmethode ist folgende. In ein Becherglas von etwa 100 mm Durchmesser und 200 mm Höhe (siehe Figur) bringe ich etwa 1300 ccm 30proz. Lösung. Von der zu den Versuchen dienenden Glühlampe entferne ich sorgfältig mit Beiß- und Flachzange das Gewinde von Messing und dann den Kitt mit Hilfe von Salzsäure. An die kurzen Stücke Zuleitungsdrähte, welche aus der Glasbirne hervorragen, löte ich zwei stärkere Kupferdrähte, welche mit Hilfe zweier ineinander geschobener Glasröhren isoliert voneinander gehalten werden.




Das stärkere Glasrohr paßt in die Vertiefung $a$ der Glasbirne und wird durch Kitt befestigt. Es wird alsdann in ein Stativ geklemmt und mit demselben wird die Glühlampe in der Lösung gehalten. Zur Umrührung der Flüssigkeit dient ein Glasring $R$, an den ein $\cap$-förmig gebogenes Glasrohr $R_1$ mit Siegellack fest gemacht ist. An dem Glasrohr $R_1$ ist auch das in Hundertstel-Grade geteilte Thermometer $T$ mit einem Faden fest gebunden. Ich verwendete ein Thermometer nach Beckmann zur Bestimmung von Schmelztemperaturen. Mit diesem Thermometer kann man nur eine Temperaturzunahme von $6^0$ messen.

Stromstärke und Spannung wurden mit einem Präzisions-Volt- und Amperemeter von Siemens & Halske gemessen. Bei diesen Versuchen ist es unbedingt erforderlich, daß Stromstärke und Spannung während eines Versuches konstant erhalten werden. Ich mußte eine Batterie benutzen, welche für Beleuchtungszwecke bestimmt ist; Stromstärke und Spannung konnte ich nur durch Ein- und Ausschaltung von Drahtwiderstand konstant erhalten. Die Schwankungen des Stromes einer städtischen Zentrale sind so groß und schnell, daß man diesen Strom zu den Versuchen nicht verwenden kann.

Zu einem Versuche erniedrige ich die Temperatur der Lösung durch Eintauchen des Gefäßes in kaltes Wasser so viel unter die Zimmertemperatur, als die Temperatur dann über diejenige des Zimmers steigt. Die Temperatur des Zimmers muß mit Hilfe von Gasbrennern und Gasflammen möglichst konstant gehalten werden und zur Bestimmung derselben muß man sich eines Thermometers bedienen, das in Zehntel-Grade geteilt ist und in der Nähe des Becherglases hängt. Die Dauer des Ver-

suches wird mit Hilfe einer Uhr, welche einen Sekundenzeiger hat, bestimmt.

Unter Umrühren der Lösung, lasse ich die Temperatur steigen und schalte dann, wenn die gewünschte Anfangstemperatur erreicht ist, den Strom ein und lese an der Uhr die Zeit ab. Nun wird die Lösung nicht mehr gerührt, sondern die Stromstärke konstant gehalten. Ist diejenige Zeit verflossen, in welcher die Lösung eine Temperatur um ebensoviel über der Zimmertemperatur erlangt hat, als diese zuerst unter derselben war, so wird der Strom unterbrochen und unter lebhaftem Umrühren der Lösung die Temperaturzunahme bestimmt.

Bei einem solchen Versuche sind die Lichtstrahlen durch die Lösung und die Glaswände hindurch gegangen. Um nun auch diese in Wärme zu verwandeln, bekleide ich die Glühlampe mit Stanniol, das auf einer Seite mit einem Spirituslack geschwärzt ist. Dieses Verfahren wende ich an, weil in der Lösung sich schwarze Farbstoffe nicht gut auflösen. Der Versuch mit der bekleideten Glühlampe wird nun ebenso durchgeführt als der oben beschriebene. Hierbei steigt die Temperatur der Lösung in derselben Zeit um einen kleinen Betrag mehr, als beim ersten Versuche, und der Unterschied ist ein Maß für die ausgestrahlte Lichtmenge.

Wiederholt man die Versuche unter gleichen Umständen, so ergeben sich kleine Abweichungen. Diese rühren davon her, daß die Zeitdauer der verschiedenen Versuche nicht ganz dieselbe ist und daß die Zimmertemperatur und die Stromstärke sich etwas ändern.

Der erste Versuch erfolgte mit einer Kohlenfadenlampe für 110 Volt und 16 Hefnerkerzen. Diese Lampe wurde aber mit 115 Volt und 0,5 Ampere betrieben und gab hierbei 19 Hefnerkerzen Licht. Die Temperatursteigerungen nach 5 Minuten der nicht bekleideten und bekleideten Lampe waren folgende:

| bekleidet | nicht bekleidet |
|---|---|
| 2,975 | 2,99° |
| 2,965 | 3,00° |
| 2,980 | 2,99 |
| 2,990 | 3,00 |
| Mittel 2,995° | Mittel 2,9775° |

Die Differenz der beiden mittleren Temperatursteigerungen war demnach 0,0175° und entspricht der Lichtmenge. In Prozenten ausgedrückt erhält man 0,58, d. h. von der Gesamtstrahlung dieser Lampe ist 0,58 Proz. Licht.

Eine zweite Kohlenfadenlampe wurde auch mit 115 Volt Spannung, aber mit 0,9 Ampere gebrannt und gab 32 Kerzen Licht. Die Zeitdauer eines Versuches betrug 4 Minuten und die Temperatursteigerungen waren folgende:

| nicht bekleidet | bekleidet |
|---|---|
| 4,380 | 4,420 |
| 4,380 | 4,410 |
| 4,390 | 4,405 |
| 4,390 | 4,405 |
| 4,385 | 4,420 |
| Mittel 4,385° | Mittel 4,412° |

Diese Temperaturdifferenz von 0,027° entspricht **0,61** Proz. Licht.

Eine Tantallampe von Siemens & Halske sollte mit 110 Volt gebrannt 25 Kerzen Licht geben. Diese Lampe wurde jedoch auch mit 115 Volt und 0,4 Ampere gebrannt und gab bei dieser erhöhten Spannung 35 Kerzen Licht. Die Versuchsdauer betrug 10 Minuten und die Temperaturerhöhungen der angewendeten Lösung waren folgende:

| nicht bekleidet | bekleidet |
|---|---|
| 4,740° | 4,840 |
| 4,740 | 4,860 |
| 4,730 | 4,850 |
| 4,745 | 4,840 |
| 4,735 | 4,840 |
| Mittel 4,738° | Mittel 4,846° |

Die Temperaturdifferenz bei diesen Versuchen beträgt 0,108° und die Lichtmenge beträgt von der Gesamtenergie **2,2** Proz.

Eine Osmiumlampe von der Auergesellschaft war für eine Spannung von 65 Volt bestimmt und wurde auch bei dieser Spannung gebrannt. Die Stromstärke betrug 0,56 Ampere und die Lichtstärke 24 Hefnerkerzen. Die Temperaturzunahme bei mehreren Versuchen, welche 12 Minuten Dauer hatten, war folgende:

| nicht bekleidet | bekleidet |
|---|---|
| 4,510 | 4,620 |
| 4,490 | 4,595 |
| 4,510 | 4,620 |
| 4,490 | 4,620 |
| 4,500 | 4,615 |
| 4,495 | 4,590 |
| 4,520 | 4,600 |
| 4,510 | Mittel 4,609° |
| Mittel 4,503° | |

Die Temperaturdifferenz beträgt in diesem Falle 0,106° und diese gibt an, daß bei dieser Lampe von der verbrauchten Energie sich **2,3** Proz. in Licht verwandelt hat.

Eine Osramlampe von der Auergesellschaft war für eine Spannung von 120 Volt bestimmt und sollte 50 Kerzen Licht geben. Diese Lampe wurde wegen der Spannungsschwankungen im Stromkreise mit nur 115 Volt gebrannt, die Stromstärke betrug 0,4 Ampere und die Lichtstärke 34 Hefnerkerzen. Bei einer Zeitdauer von 10 Minuten für einen Versuch erhielt ich bei 3 Versuchen immer dasselbe Resultat, und zwar betrug die Temperatur-

| | Volt | Ampere | Effekt in Watt | Licht in Proz. | Licht in Watt | Lichtstärke H. K. | Energie für 1 H. K. Watt |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Kohlenfaden lange I | 115 | 0,50 | 57,5 | 0,58 | 0,334 | 19 | 0,018 |
| „ II | 115 | 0,90 | 103,5 | 0,61 | 0,6314 | 32 | 0,020 |
| Tantallampe | 115 | 0,40 | 46,0 | 2,20 | 1,012 | 35 | 0,029 |
| Osmiumlampe | 65 | 0,56 | 36,4 | 2,30 | 0,837 | 24 | 0,035 |
| Osramlampe | 115 | 0,40 | 46,0 | 2,46 | 1,132 | 34 | 0,033 |

erhöhung bei der unbekleideten Lampe $4{,}750^0$ und bei der mit geschwärztem Stanniol bekleideten Lampe $4{,}870^0$. Die Temperaturdifferenz beträgt $0{,}12^0$ und dieses entspricht einer Lichtmenge von **2,46** Proz.

In vorstehender Tabelle sind die Versuchsresultate zusammengestellt.

Wären die Versuchsresultate richtig, so müßte der Effekt für eine Hefnerlampe bei allen Lampen derselbe sein. Wie man aus der Tabelle ersieht, stimmt dieses annähernd für die drei letzten Lampen mit Fäden aus Metall. Das Mittel bei diesen Lampen ist für eine Hefnerkerze 0,0323 Watt. Daß die mit der Kohlenfadenlampe gefundenen Werte von den anderen so sehr verschieden sind, hat wohl darin seinen Grund, daß ein kleiner Versuchsfehler bei der geringen Lichtmenge ein großer Betrag von letzterer ist.

Eine Meterkerze ist die Erleuchtung einer Fläche von 1 $cm^2$ in 1 m Entfernung. Da 1 Watt gleich $10^7$ Erg pro Sekunde ist, ist die Energie 1 Meterkerze nach diesen Versuchen

$$\frac{323\,000}{4\pi r^2} = 2{,}57\,\frac{\text{Erg}}{\text{sec}}.$$

Nach den schon genannten Versuchen von K. Ångström mit der Hefnerlampe ist das mechanische Äquivalent der Meterkerze $8{,}1\,\frac{\text{Erg}}{\text{sec}}$.

Diese Versuche sollen unter verbesserten Versuchsbedingungen wiederholt werden. Statt den Versuch eine bestimmte Zeit dauern zu lassen, kann man die Zeit beobachten, die erforderlich ist, damit die Temperatur der Lösung um einen bestimmten Betrag steigt.

Chemnitz, im Januar 1907.

(Eingegangen 18. Januar 1907.)

---

## Über das Mitschwingen eines tiefen Tones beim Anschlagen eines hohen, und mögliche Folgerungen, die sich daraus ergeben.

Bemerkung zu einer Mitteilung des Hrn. Bailly. [1])

Von Fr. Kaeser.

Herr Bailly hat an einem Piano Versuche angestellt, deren Resultat in dem Satz zusammengefaßt werden kann: Eine Saite, deren Grundton die Schwingungszahl $n$ hat, gerät als Ganzes in Resonanzschwingungen, wenn in der Nähe ein Ton von der Schwingungszahl $2n$, $3n$ usw. erzeugt wird. Da dieser Satz den seitherigen Anschauungen über Resonanz widerspricht, so habe ich es auf Veranlassung von Herrn Professor Koch unternommen, die Resonanzerscheinung, die Herr Bailly gefunden hat, näher zu untersuchen.

Herr Bailly schlug auf einem Piano $ut_3$ an und fand, daß $ut_2$ und $fa_1$ in Schwingungen gerieten; er mußte, damit der Versuch gelang, „arriver à un martèlement dont le rythme concordât synchroniquement avec le nombre de la corde visée". Dabei ist zu bemerken, daß der Rhythmus für $ut_2$ und $fa_1$ derselbe bleiben konnte, da ja $ut_3$ der 2. bezw. 1. Oberton von $fa_1$ bezw. $ut_2$ ist. Herr Bailly sagt noch, daß er $fa_1$ immer viel leichter erhielt als $ut_2$. Da die Vermutung nahe liegt, daß der Resonanzboden des Pianos bei der Erscheinung eine Rolle spielt, so wurde zuerst versucht, das Baillysche Resultat für eine Saite zu erhalten, bei der die Einwirkung eines Resonanzbodens ausgeschlossen war. Zu diesem Zweck wurden zwei eiserne Stangen in eine dicke Wand eingemauert und über dieselben die Saite gespannt. In unmittelbarer Nähe (1—4 cm Entfernung) wurde der 1. bezw. 2. Oberton dieser Saite durch eine Stimmgabel oder einen laut gehenden Saitenunterbrecher erzeugt. Die Saite selbst wurde durch ein Mikroskop beobachtet; doch nie gelang es, den Grundton der Saite nachzuweisen. Diese Versuche wurden wiederholt, wobei die Saite auf einem Resonanzkasten gespannt war, mit dem Ergebnis, daß eben der 1. bezw. 2. Oberton zum Vorschein kam, aber nicht der Grundton. Auch Helmholtzsche Resonatoren, deren Eigenton die Hälfte bezw. den dritten Teil der Schwingungszahl des erzeugten Tones hatte, sprachen nicht an.

Nunmehr wurden zwei Saiten, von denen die eine den 1. bezw. 2. Oberton der anderen gab, auf einen gemeinsamen Resonanzkasten mit gemeinsamen Stegen gespannt. Wurde die Saite mit der größeren Schwingungszahl mit einem Bogen angestrichen, so trat die bekannte Resonanzerscheinung ein. Der Grundton der zweiten Saite war auch dann nicht nachzuweisen, wenn die erste Saite mit großer Geschwindigkeit gestrichen wurde.

Dagegen war er sofort zu hören, wenn die

1) C. R. **142**, 629.

erste Saite mit einem Hammer rasch und stark einige Male angeschlagen wurde, ohne daß jedoch ein besonderer Takt nötig war.

Dabei war auch zu bemerken, daß die Resonanz leichter eintrat, wenn die angeschlagene Saite den 2. Oberton der anderen Saite gab (wie Herr Bailly *fa*$_1$ leichter hörte). Diese scheinbare Resonanz rührt aber nur von der mechanischen Erschütterung des Resonanzkastens her! Denn sie trat auch dann ein, wenn die Schwingungszahl der angeschlagenen Saite nicht gerade ein ganzes Vielfaches der Schwingungszahl der anderen Saite war. Man kann auf diese Art jede beliebige Saite zum Mitschwingen bringen, und zwar um so leichter, je tiefer der Ton der Saite ist. Es genügte sogar schon, wenn auf den Resonanzkasten selbst oder nur auf den Tisch, auf dem er stand, geschlagen wurde, um beide Saiten zum Schwingen zu bringen. Bei einem Piano ist die Erscheinung genau dieselbe, nur etwas schwächer, davon herrührend, daß die Saite nicht so stark angeschlagen werden kann und daß die gemeinsamen Stege fehlen. Schlägt man *ut*$_2$ rasch einige Male stark an und drückt gleichzeitig die Taste irgendeines tieferen Tones nieder, so daß die Saite von dem Dämpfer befreit ist, so hört man den tieferen Ton und zwar im allgemeinen um so leichter, je tiefer er ist. Der Nachweis wird erleichtert, wenn man den Deckel des Pianos öffnet.

Die Beobachtung des Herrn Bailly ist somit dadurch zu erklären, daß der Resonanzboden des Pianos durch die mechanische Erschütterung des Schlagens die Saiten zum Schwingen veranlaßt. Ein bestimmter Takt im Schlagen, wie Herr Bailly behauptet, ist nicht notwendig, um die Erscheinung hervorzurufen; es ist jedoch damit nicht ausgeschlossen, daß durch einen bestimmten Takt vielleicht ein Maximum der Schwingung entstehen kann.

Stuttgart, Physikal. Institut, Januar 1907.

(Eingegangen 18. Januar 1907.)

## Eine neue und handliche Form des Kompressions-Vakuummeters.

Von Hermann J. Reiff.

Zum Messen sehr kleiner Gasdrucke wurde früher ziemlich häufig das Vakuummeter nach Mac Leod verwendet; in neuerer Zeit indessen werden die Angaben dieses Instruments nicht mehr allgemein für genügend zuverlässig gehalten und demnach die hohen Vakua auf andere Weise gemessen bezw. geschätzt. Da nun aber vor kurzem im Tübinger physikalischen Institut[1]) eine Untersuchung über die Zuverlässigkeit des Mac Leods ausgeführt wurde, deren Resultat, wenigstens bis etwa 0,01 mm *Hg* unter gewissen, leicht erfüllbaren Bedingungen, keineswegs ungünstig für dasselbe ist, so will ich im folgenden eine neue Form dieses Vakuummeters beschreiben, die vielleicht manchem die bisher gebräuchliche über meterhohe Form ersetzen dürfte.

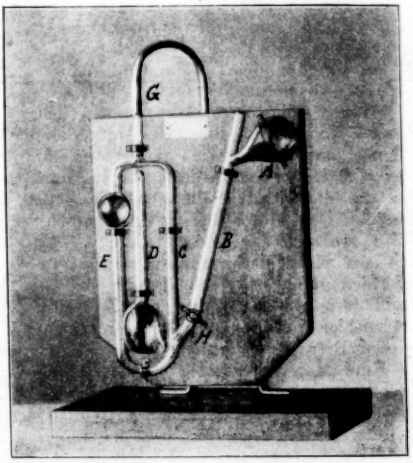



Fig. 1.

Fig. 1 zeigt das ganz aus Glas gefertigte Meßinstrument. Ein Quecksilbervorratsgefäß *A* ist durch die Glasröhre *B* mit dem Hahn *H* an das bekannte Meßsystem *CDEF* ange

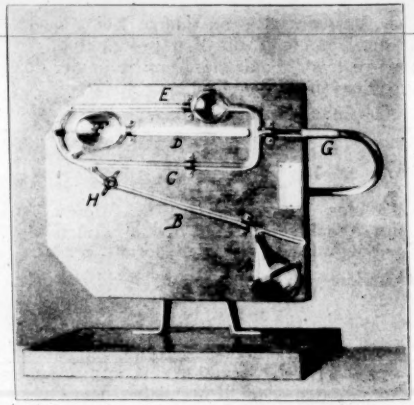



Fig. 2.

1) E. Hering, Annalen d. Physik **21**, 319, 1906.

schlossen, das oben bei $G$ ein umgebogenes Ansatzrohr $GL$ hat, welches auf die Rückseite des Stativbrettes (Fig. 3) geführt ist und dort in einen geschliffenen Hahnkonus $\mathcal{J}$ mündet. Dieser Konus ist in ein festes Stahlstück $M$ eingeschliffen, das ein Ansatzrohr $K$ zum Ansetzen der Verbindungsleitungen trägt. Das ganze Glasinstrument ist demnach samt dem Stativbrett um den Konus $\mathcal{J}$ drehbar, und zwar so, daß die beiden Lagen des Meßsystems, welche die Figuren 1 und 2 zeigen, möglich sind. Das Ansatzrohr $K$ bleibt natürlich unabhängig von dieser Drehung und kann demnach durch Kittung usw. an feste Apparate angesetzt werden.

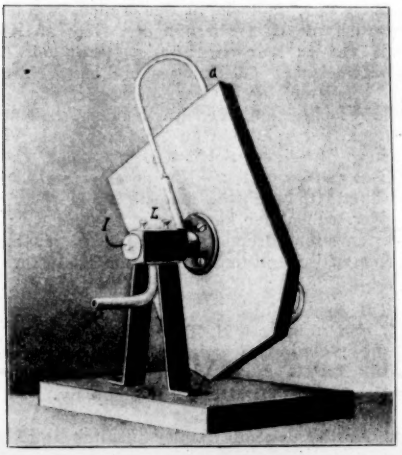



Fig. 3.

Ist bei $K$ der Anschluß an die Vakuumleitung hergestellt, so wird, nachdem $A$ und $B$ bis unterhalb $H$ mit reinem $Hg$ gefüllt sind, bei offenem Hahn $H$ in der Stellung der Fig. 2 evakuiert. Zum Messen legt man das Instrument in die Lage der Figur 1 um: nunmehr strömt aus $A$ das $Hg$ in $C$, $E$ und $FD$. Der Niveauunterschied in $B$ und $C$ mißt die groben Verdünnungen (von 180 mm Druck abwärts bei meinem Instrument) und die Stellungen des $Hg$ in $C$, $E$ und $D$ ergeben in bekannter Weise die geringeren Drucke (von 10—0,01 mm $Hg$). Der Hahn $H$ kann geschlossen werden, ehe das gesamte $Hg$ aus $A$ in das Meßsystem geflossen ist, sein Öffnen und Schließen ermöglicht die Kontrolle der Messungen im Kompressionssystem durch Einstellen verschiedener Druckhöhen und Volumina. Nach der Messung erfolgt wieder das Umlegen nach Figur 2.

Man erkennt, daß dieses Instrument ein vollkommener Ersatz der bisherigen langen Vakuummeter ist und gegen diese gewisse Vorteile besitzt. Einmal ist das Instrument vollkommen und zuverlässig dicht, da Gummischlauch vermieden ist und die Schliffe des Hahns $H$ und des Konus $\mathcal{J}$ mit $Hg$-Dichtungen versehen sind. Weiter fällt jede Verunreinigung des $Hg$ fort, da dieses nur mit Glas in Berührung kommt und nicht mit Gummi. Endlich besitzt das Instrument sehr geringe Abmessungen, z. B. das von mir benutzte, 25 cm Höhe, 25 cm Breite und 20 cm Tiefe (des Grundbretts). Hergestellt wird dasselbe von Arthur Pfeiffer in Wetzlar, der Gebrauchsmuster auf die ausprobierten günstigen Ausführungsformen besitzt.

Wetzlar, 25. Januar 1907.

(Eingegangen 27. Januar 1907.)

# BESPRECHUNGEN.

**H. Pohl, Die Freileitungen, ihre Konstruktion, Anordnung und Berechnung.** Lex. 8. VIII u. 142 S. mit 132 Abbildungen. Leipzig, S. Hirzel. 1906. M. 5,—, gebunden M. 6,—.

In dankenswerter Weise legt der Verfasser sein Augenmerk nicht nur auf die normalen Fälle elektrischer Freileitungen, sondern gibt insbesondere wertvolle Hinweise für schwierigere Aufgaben des Leitungsbaues, wie z. B. den Bau durch tropische Gegenden, für sehr hohe Spannungen usw. Fabrikation und Anordnung aller wichtigen Teile sind mit großer Klarheit durchgesprochen — unter Beigabe guter Figuren —, auch ist der störenden Einwirkung von Starkstrom- auf Schwachstromleitungen, sowie der bezüglichen Gesetzgebung zum Schlusse gedacht. R. Rüdenberg.

**R. v. Koch, Über die Entwicklungsmöglichkeiten des Induktionsmotors für Einphasenwechselstrom.** 8. VII u. 102 S. mit 49 Abbildungen. Berlin, Julius Springer. 1905. M. 2,60.

Der Verfasser entwickelt — zum Teil im Anschluß an die Görgesschen Arbeiten — die Theorie der Einphasenmotoren mit und ohne Kommutator, und gibt eine Beschreibung der wichtigsten Arten von Kommutatormotoren. Der „Vergleich der verschiedenen Motortypen" ist nur unter so vielen speziellen Annahmen möglich, daß er, bei der gerade jetzt herrschenden regen Entwicklung des Gebietes, nicht als allgemein gültig hingestellt werden kann.

R. Rüdenberg.

**A. Prasch, Die Fortschritte auf dem Gebiete der drahtlosen Telegraphie.** III. (Sammlung elektrotechnischer Vorträge. VIII. Bd. 1.—7. Heft.) Lex. 8. III u. 276 S. mit 227 Abbildungen. Stuttgart, F. Enke. 1905. M. 8,40.

Die Neuerungen der elektrischen Wellentelegraphie sind auf Grund der Fachliteratur ausführlich zusammengestellt. Leider sind die Originalartikel, an die sich der Verfasser sehr eng anschließt, ohne jegliche Kritik wiedergegeben, so daß Richtiges und Falsches nur vom Fachmann erkannt werden kann. Ausdrücke wie „die Fluglinie des Verschiebungsstromes" (S. 15) basieren auf geradezu verkehrten Voraussetzungen und müßten gebührend gegeißelt werden. Druck und Figuren sind klar gehalten.

R. Rüdenberg.

**E. Morck, Theorie der Wechselstromzähler nach Ferrarisschem Prinzip und deren Prüfung an ausgeführten Apparaten.** (Sammlung elektrotechnischer Vorträge. VIII. Bd. 8. bis 10. Heft.) Lex. 8. 116 S. mit 93 Abbildungen. Stuttgart, F. Enke. 1905. M. 3,60.

Mit großer Ausführlichkeit ist die Theorie der Drehfeldzähler entwickelt unter besonderer Berücksichtigung der störenden Einflüsse, wie z. B. der höheren Harmonischen der Strom- und Spannungskurven, der verschiedenen räumlichen und zeitlichen Verschiebungen der Strom- und Spannungsfelder. Nicht gewürdigt ist die stets vorkommende Abweichung aller Magnetfelder von dem homogenen, wie es der Rechnung zugrunde gelegt wurde; hierauf hätte wenigstens hingewiesen werden müssen. Die Arbeit ist klar und übersichtlich geschrieben und die Theorie durch eine große Zahl von Versuchen qualitativ bestätigt.

R. Rüdenberg.

**J. Rezelman, Die Vorgänge in Ein- und Mehrphasengeneratoren.** (Sammlung elektrotechnischer Vorträge. VIII. Bd. 11.—12. Heft.) Lex. 8. IV u. 126 S. mit 72 Abbildungen. Stuttgart, F. Enke. 1906. M. 2,40.

Zur Klarstellung der Erscheinungen in Wechselstromdynamos verzichtet der Verfasser auf die bisher gebräuchliche Methode der Zusammensetzung von Amperewindungen und Spannungen im Vektorendiagramm; er betrachtet nur die magnetischen Felder selbst und erreicht dadurch in manchen Fällen eine überraschende Einfachheit und Klarheit der Einsicht. Besonders ausführlich sind die Verhältnisse bei Kurzschluß der Maschinen behandelt, sowie auch der genaue Verlauf der charakteristischen Kurven. Mit Ausnahme einer Bemerkung über den Einfluß der Wirbelströme in den Polen auf die Selbstinduktion (S. 493) ist sachlich kaum etwas auszusetzen. Der Stil ist nicht immer glücklich, was wohl der Übersetzung zugeschrieben werden muß.

R. Rüdenberg.

**J. Kunz, Über die Induktion der in Drehfeldern rotierenden Kugeln.** (Sammlung elektrotechnischer Vorträge. IX. Bd. Heft 4—5.) Lex. 8. 60 S. mit 19 Abbildungen. Stuttgart, F. Enke. 1906. M. 2,40.

Abgesehen davon, daß die Arbeit nur eine Spezialisierung der Dissertation von Heinrich Hertz „über die Induktion in rotierenden Kugeln" ist, läßt sie in den Teilen, die nicht wörtlich von dort übernommen sind, an Klarheit viel zu wünschen übrig. Statt mit den Maxwellschen Gleichungen und mit Vektoren zu operieren, geht der Verfasser von den Weberschen und Neumannschen Elementarformeln der Induktion aus und gebraucht viele Seiten zu seinen Schlüssen, wo sonst einige Zeilen genügt hätten. Nur an einer Stelle geht er über Hertz hinaus, begeht dabei aber den Fehler, neben der kinetischen Energie der bewegten stromdurchflossenen Kugel deren elektromagnetische Energie zu vernachlässigen.

R. Rüdenberg.

**W. Hallock and H. T. Wade, Outlines of the evolution of weights and measures and the metric system.** gr. 8. XI u. 304 S. Newyork, The Macmillan Company. 1906. Gebunden 10 sh. net.

Das vorliegende Buch behandelt unter besonderer Berücksichtigung des metrischen Systems und dessen bevorstehender Einführung in weiteren Teilen des englischen Sprachgebietes die Entwickelung der Maß- und Gewichtsbestimmungen und soll gleichzeitig als Einführung in die Metrologie für Studierende dienen. Die auf geschichtlicher Basis sich aufbauende Darstellung ist durchaus zu loben. E. Bose.

(Eingegangen 15. Januar 1906.)

**Hartmann & Braun, A.-G., Tabelle enthaltend die Werte der Funktion $\frac{a}{10000-a}$ für $a = 1$ bis $a = 10000$.** Zum Gebrauch bei Widerstandsmessungen mit der Schleifdrahtbrücke. 8. IX u. 50 S. mit 7 Figuren. Frankfurt a. M., Hartmann & Braun, A.-G., Fabrik elektrischer Meßinstrumente. 1906.

Die Ausführung von Messungen mit Hilfe eines geraden Brückendrahts oder einer Walzenbrücke beliebiger Konstruktion ist etwas sehr Häufiges, und bei geeigneter Anordnung, ins-

besondere bei Verwendung der Zusatzwiderstände zur Verzehnfachung der Brückenlänge, bekanntlich einer beträchtlichen Genauigkeit fähig. Es dürfte daher die vorliegende Tabelle, deren handliche Form eine bequeme Benutzung gewährleistet, zahlreichen Wünschen gerecht werden.

E. Bose.

(Eingegangen 15. Januar 1907.)

**Handbuch der Physik.** Herausgegeben v. A. Winkelmann. 2. Auflage. III. Band. 2. Hälfte. Wärme. Lex. 8. XIV u. 544 S. mit 164 Abbildungen. Leipzig, Joh. Ambr. Barth. 1906. M. 17.— III. Band vollständig, M. 36.—, gebunden M. 38.—.

Nunmehr liegt auch der zweite Teil des dritten Bandes von Winkelmanns Handbuch der Physik und damit der dritte Band selbst vollständig vor. Zu diesem Bande hat L. Graetz die Kapitel: mechanisches Wärmeäquivalent, mechanische Wärmetheorie, Anwendungen derselben, kritischer Zustand, Verflüssigung von Gasen, gesättigte Dämpfe, Beobachtungsmaterial über solche, Verdampfungswärme, ungesättigte Dämpfe, Verdampfung und Kondensation gemischter Flüssigkeiten beigesteuert.

Die Thermodynamik binärer Gemische ist leider sehr kurz weggekommen, insbesondere vermißt der Berichterstatter die Behandlung der Duhem-Margulesschen Gleichung vollständig. Von G. Jäger stammt der Abschnitt über die kinetische Theorie der Gase. Ferner von R. Abegg und O. Sackur ein Kapitel über den Übergang des festen in den flüssigen Aggregatzustand.

E. Bose.

(Eingegangen 15. Januar 1907.)

**Franz Neumann, Gesammelte Werke.** 2. Band. Herausgegeben von seinen Schülern. Lex.-8. XVI u. 620 S. mit 1 Bildnis in Heliogravüre. Leipzig, B. G. Teubner. 1906. Mk. 36.—.

Mit dem vorliegenden Bande beginnt die Herausgabe der gesammelten Abhandlungen Franz Neumanns. Den Lesern dieser Zeitschrift gegenüber bedarf es keines Hinweises auf den hohen Wert einer vollständigen Ausgabe von Neumanns Werken, zumal dieselbe unter Benutzung hinterlassenen Manuskriptmaterials und bisher unveröffentlichter Korrespondenzen Neumanns erfolgt. Der vorliegende Band enthält in erster Linie Neumanns Experimentalarbeiten auf thermischen Gebiete, ferner eine Reihe optischer und elastischer Arbeiten auf dem Gebiete der Kristallphysik. Band 1 soll geometrische und kristallographische Arbeiten, Band 3 namentlich die elektrischen und magnetischen Untersuchungen enthalten.

E. Bose.

(Eingegangen 15. Januar 1907.)

**J. Willard Gibbs, Scientific papers.** 2 Bände. London, Longmans, Green and Co. 1906.

Mit Freude zu begrüßen ist ebenfalls die Veröffentlichung der gesammelten Arbeiten von Willard Gibbs. Der erste der beiden stattlichen Bände enthält außer einer kurzen Biographie insbesondere die thermodynamischen Arbeiten von Gibbs, unter anderen auch die berühmte Abhandlung über das Gleichgewicht heterogener Substanzen und bisher unveröffentlichte Fragmente eines Nachtrags dazu. Der zweite Band bringt die Arbeiten aus der Dynamik, der Vektor-Analysis, der elektromagnetischen Lichttheorie sowie eine Anzahl zerstreuter Mitteilungen, darunter einen Nachruf auf Clausius.

Da die Gibbsschen Abhandlungen größtenteils bisher nur schwer zugänglich waren, dürfte die zusammenfassende Veröffentlichung derselben zahlreiche Wünsche befriedigen.

E. Bose.

(Eingegangen 15. Januar 1907.)

## Neuere Literatur der Radioaktivität und Elektronentheorie.

Von den verschiedensten Seiten ist bei der Besprechung von Rutherfords „Radioactivity" der Wunsch ausgesprochen worden, daß dies Werk in deutscher Ausgabe erscheinen möge. Nunmehr liegt dieselbe in Gestalt eines stattlichen Bandes vor und wird gewiß allerseits mit Freude begrüßt werden.

**E. Rutherford, Die Radioaktivität.** Unter Mitwirkung des Verfassers ergänzte autorisierte deutsche Ausgabe v. E. Aschkinaß. gr. 8. VIII u. 597 S. mit 110 Figuren. Berlin, Jul. Springer. 1907. M. 16.—.

Die gegenüber der zweiten englischen Auflage durch zahlreiche Nachträge Rutherfords ergänzte deutsche Ausgabe stellt eine ganz vorzügliche Übertragung des englischen Originals in unsere Sprache dar. Im übrigen bedarf es gewiß nur des Hinweises auf das Erscheinen eines deutschen „Rutherford", dem zweifelsohne eine große Verbreitung zuteil werden wird.

Ferner ist auf das Erscheinen eines neuen englischen Werkes Rutherfords hinzuweisen.

**E. Rutherford, Radioactive transformations.** gr. 8. 287 S. mit 53 Figuren. London, Arch. Constable & Co. Ltd. 1906. Gebunden 16 sh. net.

Es handelt sich hier um den Inhalt von elf Vorlesungen, die im Jahre 1905 von Rutherford als „Silliman Memorial Lectures" an der Yale Universität gehalten worden sind. Der Inhalt der damaligen Vorlesungen ist in der

vorliegenden Ausgabe entsprechend der schnellen Entwickelung des Gegenstandes durch die Behandlung der neueren Untersuchungen ergänzt werden, so daß es wohl ebenfalls nur des Hinweises auf das Erscheinen des Buches bedarf. Zugleich sei der Hinweis gestattet, daß auch eine deutsche Bearbeitung dieser Vorlesungen in Vorbereitung ist.

Eine elementare, aber auf durchaus wissenschaftlicher Grundlage abgefaßte Darstellung der modernen Erscheinungen der Radioaktivität und damit verwandter Gebiete hat H. C. Jones gegeben.

**Harry C. Jones, The electrical nature of matter and radioactivity.** 8. IV + 212 S. London, A. Constable and Co. 1906.

Das Jonessche Buch ist aus einer Reihe einzelner Aufsätze hervorgegangen und wendet sich insbesondere an Leser, die eine möglichst wenig mathematisch behandelte Darstellung des Gegenstandes wünschen. Im übrigen ist die Darstellung klar und das Werk sicherlich zur Orientierung solcher, die dem eigentlichen Gegenstande fern stehen, durchaus geeignet.

Ebenfalls populär gehalten, aber mehr die elektronentheoretische Seite als die radioaktiven Erscheinungen hervorhebend ist das folgende Werk.

**d'Albe, E. E. F., The electron theory. A popular introduction to the new theory of electricity and magnetism.** With a preface by G. J. Stoney. 8. XIII u. 311 S. mit 35 Figuren u. 1 Titelbild. London, 39 Paternoster Row, Longmans, Green and Co. 1906. Gebunden 5 sh. net.

Das von Jonstone Stoney mit einer warmen Vorrede eingeleitete Werk gibt eine leicht faßliche und sehr geschickte Darstellung des ganzen Gebietes der Elektronentheorie, die als orientierende Lektüre aufrichtig empfohlen zu werden verdient.

Von wissenschaftlichem Interesse ist besonders Fournier d'Albes Versuch, die elektrischen und magnetischen Größen mit Hilfe von vier statt drei absoluten Einheiten darzustellen, indem das elektrische Elementarquantum als vierte Einheit hinzukommt. In der Tat werden die Dimensionen der verschiedenen Größen ganz erheblich vereinfacht und insbesondere alle gebrochenen Exponenten vermieden.

Eine genußreiche Stunde wird den Lesern dieser Zeitschrift durch die Lektüre des folgenden Heftchens geboten werden.

**P. Lenard, Über Kathodenstrahlen.** Nobel-Vorlesung, gehalten in öffentlicher Sitzung der königl. schwedischen Akademie der Wissenschaften zu Stockholm am 28. Mai 1906. 8. 44 S. Leipzig, Joh. Ambr. Barth. 1906. M. 1.20.

Für die Praxis radioaktiver Untersuchungen dürfte von besonderem Werte sein der Gebrauch von

**P. Gruner, Tabellen für die Exponentialfunktion mit negativen Exponenten $y = e^{-x}$.** gr. 8. 15 S. Leipzig, S. Hirzel. 1906. M. 1.—

Die im Jahrbuch der Radioaktivität und Elektronik erschienenen, nunmehr im Sonderdruck vorliegenden Tabellen sind nicht nur für die Berechnung der Resultate von Untersuchungen auf dem Gebiete der Radioaktivität ein wertvolles Hilfsmittel, sondern bekanntlich auch der vielseitigsten Anwendungen bei andern Problemen der Physik und physikalischen Chemie fähig. Wer mit derartigen Arbeiten zu tun hat, wird sich den Gebrauch dieses bequemen Hilfsmittels sicher nicht entgehen lassen.

E. Bose.

(Eingegangen 15. Januar 1907.)

## Berichtigungen.

Zu meinem Aufsatz „Die Brennstoffökonomie unserer Wärmekraftmaschinen", diese Zeitschrift **8**, 55, 1907 bemerke ich nachträglich, daß die Abbildungen der Figuren 4a, 5 und 6 nach Riedler, Großgasmaschinen, sowie 2 und 4b nach Josse, Neuere Wärmekraftmaschinen, mit freundlicher Genehmigung der Herren Verfasser gezeichnet sind.

Wilh. Hort.

In meinem Aufsatz: „Über Umwandlungswärmen von Eisen", diese Zeitschr. **8**, 54, 1907, muß es in der Tabelle, S. 55, 2. Spalte bei Versuch I $a\,b$ anstatt 0,0231 gr cal/gr heißen: „0,0731 gr cal/gr." H. Hort.

## Personalien.

**Die Herausgeber bitten die Herren Fachgenossen, der Redaktion von eintretenden Änderungen möglichst bald Mitteilung zu machen.)**

**Habilitiert:** An der Universität Jena Dr. K. Bädeker aus Leipzig, für Physik, mit einer Probevorlesung über „Die Elektronentheorie der Metalle".

Dem Vorsitzenden der Göttinger Vereinigung für angewandte Mathematik Geh. Rat Dr. Henry Böttinger in Elberfeld wurde der erbliche Adel verliehen.

**In den Ruhestand treten:** Der Professor der Physik an der Universität Heidelberg Geheimer Rat Dr. Georg Quincke, der Professor der Astronomie an der Universität Wien Hofrat Dr. Edmund Weiß.

**Gestorben:** Der Privatdozent der analytischen Geometrie an der Universität Genf Dr. J. Lyon, der frühere Direktor der Sternwarte in Utrecht, Dr. J. A. C. Oudemans, die o. Professoren der Chemie in St. Petersburg, Dr. Dmitrij Ivanovič Mendelejev und Dr. Nikolaj Alexandrovič Menšutkin.

**Gesuche.**

**Promovierter physikalischer Chemiker oder Physiker**

findet als Volontär äußerst gute Gelegenheit zu selbständiger Arbeit. Anfragen unter **S. H. 32** an den Verlag dieser Zeitschrift erbeten.

Für die Redaktion verantwortlich Professor Dr. Emil Bose in Oliva bei Danzig. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.